MANUALI HOEPLI

ASTRONOMIA

DI

J. NORMAN LOCKYER

NUOVA VERSIONE LIBERA CON NOTE ED AGGIUNTE

DI

GIOVANNI CELORIA

Direttore della Specola Reale di Milano.

CON 51 INCISIONI

Quinta edizione

ULRICO HOEPLI

EDITORE-LIBRAIO DELLA REAL CASA

MILANO

1904

INDICE

CAPITOLO PRIMO

La Terra e i suoi movimenti.

CAPITOLO SECONDO

La Luna.

CAPITOLO TERZO

Il Sistema solare.

CAPITOLO QUARTO

Il Sole.

CAPITOLO QUINTO

Le Stelle.

CAPITOLO SESTO

Fotografia astronomica.

PREFAZIONE ALLA QUARTA EDIZIONE

Incaricato dal solerte editore di curare questa nuova e quarta edizione dell'Astronomia di J. Norman Lockyer, mi proposi due scopi: svecchiare il libro, ridandogli il carattere di contemporaneità che in questi ultimi anni esso era andato man mano perdendo; dare maggior estensione ad alcune sue parti, sicchè esso avesse a riuscire nel suo insieme più armonico.

A raggiungere l'intento propostomi, poche modificazioni, se non di forma, dovetti arrecare ai capitoli primo e secondo del Lockyer, veramente aurei; mi bastò in essi apporre sei note a piè di pagina, intercalare una nuova figura (la 4 bis*), fare aggiunte notevoli ai soli capi o numeri 20, 21, 25, 46, 83 e 95. Maggiori modificazioni richiesero i capitoli succes-*

sivi; nel capitolo terzo fu necessario apporre otto note, intercalare le nuove figure 29 bis, *31* bis, *34* a, *34* b, *aggiungere i capi 126, 127, 128, 129, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 142, 143, 144, 145, 151, 152, 153, 154, 159, 160, 161, 162, 165, 180, 181, 182; nel capitolo quarto, nuovo è il capo 188, nuovi sono i paragrafi* VI, VII, VIII, IX, X, *riguardanti la Spettroscopia e la costituzione fisica del Sole; il capitolo quinto richiese le nuove figure 41, 42, 45, e i nuovi paragrafi* III, IV, V, VIII, IX, X, XI, XV. *Un intero capitolo, il sesto, mi fu infine necessario scrivere intorno alla fotografia astronomica.*

Il libro per tal modo mi si andò trasformando ed ampliando sotto mano; i capi suoi da 206 che erano salirono a 309; i suoi capitoli da cinque salirono a sei. Io spero però che esso così trasformato, pur essendo affatto elementare, varrà a dare al lettore un concetto chiaro dello stato presente dell'Astronomia, e a meglio popolarizzare fra noi una scienza, fra le scienze naturali riconosciuta scienza principe, dotata d'una rara potenza educatrice, fatta per ispirare concetti sani e sereni, per sollevare la mente senza portarla nell'incomprensibile, per allargarne i confini senza avviarla a creazioni fantastiche; fatta per essere conforto e sprone al pensatore degno di tal nome, il quale alla scienza in generale non domanda

più di quello che essa nè può, nè vuole, nè, qualunque cosa dicasi dagli avversari suoi, presume dare, il quale per profondo convincimento sa che la scienza, grazie alla natura sua essenzialmente critica, finisce là dove comincia la religione.

G. Celoria.

PREFAZIONE ALLA PRESENTE QUINTA EDIZIONE

Per mantenere a questo Manuale *il carattere della contemporaneità dovetti in questa nuova e quinta sua edizione apportare qua e là qualche cambiamento e fare parecchie aggiunte.*

La figura 45 fu sostituita con altra ricavata da recenti fotografie che meglio e più fedelmente rappresentano la splendida nebulosa di Orione.

Le aggiunte furono o poste come Note *a piè di pagina o intercalate nel testo. Le maggiori fra esse riguardano: le migrazioni dei poli sulla superficie terrestre; la costituzione fisica e alcuni dettagli della superficie della Luna; la rotazione di Venere; i fenomeni e le configurazioni della superficie di Marte; il piccolo pianeta Eros; la macchia rossa di Giove; la durata della rotazione di Saturno; la forma e la rotazione di Urano; il supposto pianeta trasnettuniano; il numero probabile delle comete esistenti; gli sciami meteorici delle Perseidi, delle Leonidi, e delle Andro-*

medidi; le macchie del Sole e le relazioni loro coi fenomeni della Fisica terrestre; la Cromosfera e la Corona del Sole; l'Elio; l'origine del calor solare; l'importanza del colore delle Stelle; l'origine probabile delle stelle nuove; *il moto di traslazione del Sole e i moti proprii delle stelle; l'ipotesi meteorica sull'origine delle nebulose; le fotografie della Luna e del Sole; l'irradiazione termica della Corona solare; i risultati di indole generale e di importanza cosmica della fotografia stellare, e della fotografia delle nebulose.*

Molte sono queste aggiunte, moltissime anzi se si pensi che esse furono necessarie in una edizione la quale segue di nove anni soltanto la precedente. Per esse viene con evidenza dimostrato quanto incessanti siano i progressi dell'Astronomia, che oggi si inoltra sicura per vie diverse, alcune delle quali affatto nuove.

Milano, marzo 1904.

G. CELORIA.

PRIME NOZIONI DI ASTRONOMIA

INTRODUZIONE

1. Chiunque voi siate, che vi ponete a leggere questo libro, saprete che cosa sia una casa, e di certo conoscerete la vostra propria. Saprete altresì che l'insieme di tutte le case e di tutte le vie forma il villaggio, o la città in cui siete nato, in cui vivete.

E se ne siete uscito, avrete certo veduto in lontananza spuntar campanili e torri elevatissime di mezzo ad altri aggruppamenti di case, che formano a volta loro altre borgate o altre città.

Il complesso dei villaggi e delle città, colle circostanti campagne, ove si parla la vostra lingua, costituisce il vostro paese, la vostra patria, l'Italia.

2. Ma queste cose, o lettore, voi le sapete; e sapete che in Italia a centinaia si contano le città, a migliaia le borgate e i villaggi. E non dovete neppur ignorare, perchè l'avete letto od udito, che, oltre all'Italia che

L'Appennin parte e il mar circonda e l'Alpe,

v'ha la Francia e l'Allemagna, v'hanno al di là altri paesi, i quali coll'Italia, colla Francia, colla Germania appartengono a un tutto che si chiama Europa

Se poi avrete studiato alquanto di Geografia potrete dirmi che dall'Europa si passa, anche per terra, in Asia e dall'Asia in Africa, le quali due vaste contrade insieme all'Europa costituiscono il Continente Antico, tutto circondato da sterminate estensioni di acque, che diconsi oceani e mari; e penserete che, come l'Europa va divisa in diversi paesi, popolati di città e di villaggi ove si parlano differenti favelle, così divise andranno le altre parti del nostro antico Continente.

Avrete ben inteso che al di là degli oceani vi sono due altri continenti, l'America e l'Australia; che i continenti tutti, insieme cogli oceani e coi mari, formano il globo terraqueo, la *Terra,* su cui vivono milioni d'uomini simili a voi.

3. Come la vostra casa fa parte della città, e come la vostra città è una delle tante che coi loro territorii formano l'Italia, così l'Italia può essere, come è infatti, parte di un continente, e un continente parte della Terra. È a quel modo che voi conoscete il quartiere o rione in cui è la vostra dimora, e sapete non solo questa ritrovare passeggiando per la città vostra, ma altresì indicarne ad altrui il sito preciso e la forma e la grandezza, del pari altri, dopo aver viaggiato sulla superficie della Terra, potrà dare a voi notizia di lontani paesi, di altri continenti, e dirvi insieme quale ne sia la estensione e la forma.

Nulla di più interessante che siffatte narrazioni, e nulla di più atto a destare la curiosità, felice dono che la natura fece all'uomo; e la curiosità, una volta eccitata, mai si acqueta e ad una domanda altra fa seguire. Esaurita la Geografia, ossia la descrizione della superficie della Terra, mi par d'udirvi chiedere che cosa sia in sostanza codesta Terra su cui il vostro narratore ha viaggiato at-

traverso continenti e mari, e di cui forse v'avrà anche detto d'aver fatto il giro!

E poi, quando ben saprete che cos'è la Terra, vi nascerà il dubbio, cui vorrete pur chiarire, che la Terra stessa possa far parte di qualche altro tutto più grande, nel quale potrebbero, per avventura, trovarsi altre terre simili ad essa. E allora vorrete sapere eziandio qual posto in quel tutto essa Terra occupa, a quel modo che già sapete, qual sito occupa la casa vostra nella vostra città, e già veduto avete sulle carte geografiche qual posto occupa la vostra città nel paese vostro e il paese vostro nell'Europa. Nè tralascerete poi d'informarvi altresì se il Sole, la Luna, le Stelle facciano parte anch'essi di quello stesso tutto, se siano vicini o lontani, quanto siano grandi e se realmente si muovano nel cielo, così come appare agli occhi vostri. E cammin facendo altri corpi dello spazio diversi dal Sole, dalla Luna, dalle Stelle imparerete a conoscere, e più e più vi persuaderete che in Terra e in cielo vi sono ben più cose di quelle che la fantasia nostra possa immaginare e la nostra scienza pensare.

4. Ora di tutto questo voglio provarmi, o lettore, a darvi notizia in questo piccolo libro. Veramente non è cosa tanto facile, trattandosi di oggetti immensi di mole, e di distanze sterminatamente grandi; tuttavia, se voi m'aiutate colla vostra attenzione, credo che vi riuscirò. E quando avrete fatto questo studio, troverete anche molta minor difficoltà a comprendere certe cose che si incontrano nei libri specialmente destinati alla descrizione della Terra e delle sue diverse regioni, dell'Universo e delle sue plaghe sterminate.

CAPITOLO PRIMO

La Terra e i suoi movimenti.

§ I.

La Terra non è piana.

5. Prima d'ogni altra cosa voi domanderete che cosa è questa Terra su cui esistono continenti e mari; è un corpo opaco, oscuro, di immensa mole, che gira intorno ad un altro molto più grande, da cui riceve luce e calore.

Cerchiamo di farci un qualche concetto della sua forma e della sua grandezza.

Se noi potessimo staccarci dalla Terra e trasportarci lontan lontano, si da poterne abbracciare collo sguardo l'insieme, ci riescirebbe agevole il riconoscerne la forma; ma standovi sopra, piccoli come siamo in confronto della sua estesa superficie, la cosa può parere quasi impossibile; eppure vi riesciremo.

6. Dovunque noi ci rechiamo, o camminando per diporto, o viaggiando da una ad altra città, troviamo ostacoli che impediscono il libero espandersi del nostro sguardo. Se percorriamo un paese montuoso, son colline, son monti che limitano da

ogni parte la vista; se ascendiamo una vetta, le visuali in alcune direzioni si arrestano sopra vette più alte, in altre direzioni si sprofondano in valli più o meno anguste; se ci moviamo in paese piano, la vista è circoscritta da alberi, da edifizii, talora anche da cime di montagne che lontane si elevano dietro di essi. E quivi, alla pianura, da qualunque parte volgiamo lo sguardo, ci pare di trovarci al centro di un circolo il cui contorno, segnato da boscaglie, da siepi, da case o da colline, sembra toccare in qualunque suo punto il firmamento; e in qualsivoglia direzione ci moviamo, quel circolo ci accompagna sempre per così dire, e sembra a noi di occupare continuamente il centro del paese che ci si estende allo intorno.

Non è quindi in mezzo a monti, e neppure al piano che noi potremo giudicare con fondamento della vera figura della superficie terrestre; rechiamoci in luogo dove questa si pari dinanzi a noi senza rilievi, senza accidenti di alberi, di edifizii o d'altro che ne disturbino la regolarità; avviciniamoci alla riva del mare.

7. Eccovici. Osserviamo quella nave che parte per un lungo viaggio. Essa è ancora a noi vicina (in *A*, fig. 1); noi la vediamo tutta in mezzo al mare che si estende al di qua e al di là di essa; mano mano che s'allontana, essa s'impicciolisce, pur rimanendo tutta per intero visibile; continua ad allontanarsi e intanto va crescendo lo spazio di mare che ci separa da essa, diminuendo quello che è tra essa e la linea *PQ*, linea la quale pare segni il confine tra il mare e il cielo.

Non passa molto tempo e la nave arriva in *C*, proprio sulla linea *PQ*; la si vede ancor tutta dal livello delle acque fino alla punta degli alberi suoi, e nettamente si disegna sul fondo del cielo; il mare

sembra tutto al di qua di essa. Stiamo attenti a quel che sta per succedere.

La nave continua il suo cammino e sembra abbassarsi sotto la linea *PQ*; a poco a poco il suo scafo scompare, e in *D* di essa non vedonsi più che le vele e l'alberatura; l'apparente immersione continua: in *Q* sono appena discernibili le cime degli alberi, tutto il resto della nave è invisibile

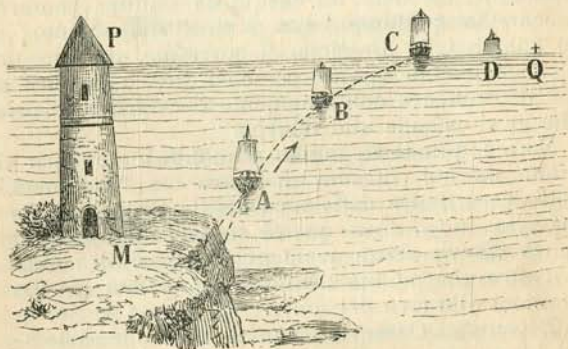



Fig. 1.

ed è sotto la linea *PQ*; poco al di là di *Q* anche la cima dell'alberatura scompare e della nave non vedesi più traccia.

Stando a bordo della nave noi avremmo veduto invece la torre *MP* scomparire a poco a poco, cominciando le parti più basse di essa ad immergersi apparentemente nelle acque, poi quelle di mezzo, e finalmente il fastigio.

Portiamoci ancora in *M* e rivolgiamo la nostra attenzione ad una nave in arrivo; accade il rove-

scio di quanto già osservammo per la nave in partenza. Da principio si vedono appena le punte degli alberi; poi gli alberi si ergono interi sopra la linea *PQ*; indi appare a poco a poco il corpo della nave; finalmente la nave vien tutta in vista e si avvicina a noi lasciando dietro a sè sempre più largo tratto di mare.

8. Or come spiegare tutti questi fatti? Non crederemo certo che la nave in partenza siasi realmente affondata nell'acqua, nè che l'altra in arrivo ne sia sorta; tanto più che quanto di esse navi avvenne, accade di tutte le altre navi che partono ed arrivano.

Riflettiamoci meglio. Quella linea *PQ*, dove pare che il mare finisca e lungo la quale esso, per così dire, tocca il cielo, di certo non segna un limite vero e reale della Terra; ad essa arrivate infatti, le navi in partenza non scompaiono a un tratto, come corpo che giunto all'orlo di un piano ne cada; esse si occultano invece a poco a poco, abbassandosi gradatamente, mentre a chi sta sulla spiaggia aspettando una nave in arrivo, questa pare innalzarsi più e più di mano in mano che esso va alla stessa linea *PQ* accostandosi.

Non avete mai, o lettore, veduto alcuno salire sopra un monticello, raggiungere la vetta e scendere dalla banda opposta? E se ben vi avete posto mente non parvi di trovare qualche analogia tra quello che notaste allora e quello che sulla spiaggia adesso vedete?

Avete voi osservato da vicino e da ambo i lati quel monticello? Se sì, la superficie vi sarà certamente apparsa convessa.

Ebbene, anche la superficie del mare è una *superficie convessa.*

Ora dei due fatti posso darvi a un tempo la spie-

gazione, e posso provarvi insieme la giustezza del mio paragone, per mezzo di una figura in cui vi rappresenterò il cammino della nave di profilo invece che di prospetto (fig. 2).

È *PM* la torre appiè della quale eravamo poc'anzi, ed *OABCD* è la superficie del mare lungo la strada percorsa dalla nave. Da *P* il nostro occhio getta la visuale *PQ* tangente in *B* alla linea *OBD*, e non vede quindi che la porzione di mare compresa fra i punti *O* e *B*. Finchè una nave è in *A* o in *B* essa rimane visibile per intero, poichè

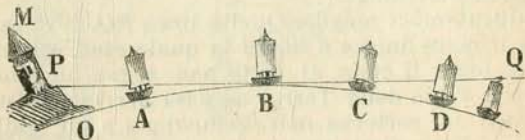



Fig. 2.

nulla fra essa e noi arresta la nostra vista. Ma al di là del punto *B* lo sguardo, pur propagandosi lontano lunghesso la retta *BQ*, non può vedere punti come *C*, *D* collocati sotto di essa retta, poichè la porzione di mare che si estende dall'osservatore fino a *B*, nasconde all'occhio dell'osservatore stesso la porzione che si estende al di là di *B*.

Non vi ricorda la curva *ABD* della superficie del mare il profilo certamente più marcato del monticello? Non vi riesce ora evidente il perchè la nave arrivata in *C* non possa vedersi tutta, e il perchè le parti che ne rimangono ancora per poco visibili sieno le più alte, e debban queste essere le ultime a scendere sotto la visuale *PQ*?

9. Se saliamo in *M*, in cima alla torre (fig. 3), la nostra visuale diventa la *Mq*, mentre quella del luogo ove stavano prima era la *PQ*. Dal piè della torre il punto *B* arresta la visuale, e da quella posizione si cessa di veder la nave quando questa è in *H*. Saliti in *M* la nostra visuale lambisce la superficie del mare in *b*, e di là si cessa di veder la nave quando è in *h*: noti il lettore che i luoghi *b* ed *h* sono molto più lontani dall'osservatore di quel che rispettivamente lo sieno *B* ed *H*.

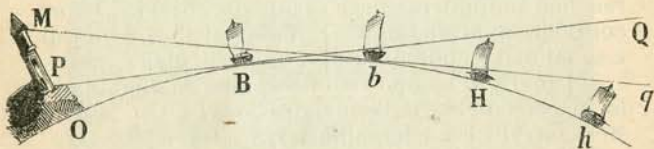



Fig. 3.

Il campo visuale si va, conchiudiamo quindi, estendendo quanto più si sale; l'apparente vertice della curva della superficie liquida si allontana sempre più. Che cosa ne dedurremo? Che quella curva è dolcissima, ossia di una debolissima convessità; ragione per cui sulla terra ferma e anche alla pianura, per pochi e lievi che siano gli accidenti del suolo, ci riesce impossibile di constatarne la curvità; chè anzi, in un raggio di 5 o 6 miglia e anche più, la superficie nel cui centro crediamo di trovarci ci sembra perfettamente piana.

§ II.

La Terra è molto grande.

10. Che la superficie del mare sia convessa, e che la curvatura di questa superficie sia lievissima, l'ho provato coll'esempio della nave e coll'osservazione fatta dall'alto della torre. Ma la stessa cosa non vi parrà forse altrettanto facile a dimostrare e a capire quando si tratti della superficie asciutta della Terra, disseminata di monti e di valli che la rendono tanto irregolare. Tuttavia, mercè alcune considerazioni che appoggeremo sui nostri ricordi e sull'altrui testimonianza, vi proverò anche questo.

Sul mare, il campo visuale si allarga quanto più lo si contempla dall'alto: ora io vi dico che lo stesso avviene anche sulla terra ferma.

Chiunque salga in cima a un campanile domina collo sguardo tutto il circuito della borgata circostante o della città; se la cima è molto elevata, come avviene per il campanile di Giotto a Firenze e per la guglia del Duomo di Milano, l'occhio si spinge molto al di là del circuito abitato ed abbraccia tutto all'ingiro una grande estensione di campagne. Se il lettore ha qualche volta raggiunta la vetta di un monte altissimo, avrà spinto lo sguardo ben più lungi che dalla cima di un edifizio, e, spaziando con esso sopra intere provincie, avrà notato come, veduti da quell'altezza, i monti più bassi e le ineguaglianze del terreno sembrino svanire e come l'orizzonte di là rassomigli a quello del mare. Avverrebbe questo, se anche la superficie della terra ferma non avesse la medesima forma di quella del mare, e se non fosse essa pure lievemente convessa?

11. Or che siete persuasi essere la superficie generale dei mari e dei continenti curva, resta che io vi dia la ragione della debole convessità di detta superficie.

Non aveste mai tra le mani un compasso e non tracciaste mai con esso dei circoli e degli archi come *BOB'*, *COC'*? (fig. 4).

In allora vi sarete accorto che per tracciare circoli più grandi doveste vie più allargare le gambe del compasso, e in altre parole, prendere

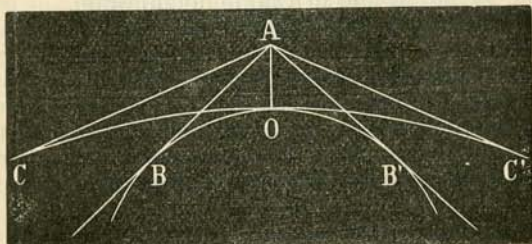



Fig. 4.

raggi più grandi; vi sarete accorti ancora che un arco piccolo descritto con un raggio grandissimo può quasi sembrare una linea retta.

12. Un corpo rotondo come una palla, da qualunque lato si guardi, presenta sempre all'occhio un circolo: di due corpi rotondi di differente grossezza il più grande presenta necessariamente un circolo di maggior raggio, e, per quel che si è or ora detto, ha una superficie convessa molto meno curva.

Voi intenderete questo forse anche meglio, esaminando la fig. 4. Voi vi trovate in *O* e li imma-

ginatevi rappresentato dalla retta OA; per i vostri piedi passano due linee BOB', COC', la prima più convessa della seconda: da A voi gettate le visuali AB, AB' tangenti alla prima linea, gettate ancora le visuali AC, AC' tangenti alla seconda; le visuali AB, AB' abbracceranno sulla prima linea un tratto BOB' molto più piccolo del tratto COC' compreso sulla seconda dalle visuali AC, AC'. E se questo tratto COC', oltre all'essere già grandissimo, s'allargherà anche più per poco che sul punto O vi eleviate, voi potrete esser certo che desso appartiene ad un circolo di raggio lunghissimo.

In qualunque punto della superficie terrestre voi vi troviate, le apparenze sono ognora le stesse; i vostri piedi sono sempre sopra curve di una debolissima convessità, e la Terra, il cui contorno è circoscritto per ogni verso da simili curve, dev'essere quindi un corpo rotondeggiante di grandissima mole, o, con altre parole, un corpo poco diverso da una palla o da un globo.

13. Come si possa giungere a conoscere la grandezza della Terra, io non vel posso spiegare in questo piccolo libro (1); vi posso però dire, che da

(1) Non mi par difficile dare, a chi conosce anche solo i principii elementari della geometria, una idea chiara dei procedimenti coi quali si riesce a determinare le dimensioni della Terra.

Se si ammette ch'essa sia una sfera, basta, a risolvere il problema delle sue dimensioni, cercare il suo raggio; e poichè il raggio di una sfera è identico al raggio di ogni suo circolo massimo, e poichè ancora, data la lunghezza della circonferenza di un circolo massimo, ne è implicitamente dato il raggio, il problema in questione si riduce in ultima analisi a cercare quale sia la lunghezza della circonferenza di uno dei circoli massimi della Terra.

È impossibile misurare direttamente una tale circonferenza, ma per fortuna non è nemmeno necessario.

In ogni circonferenza di circolo si hanno due elementi distinti: l'ampiezza angolare che è di 360 gradi, la lunghezza della circon-

alcuni principii insegnati dalle matematiche e da alcune misure fatte direttamente sulla superficie della Terra si è potuto dedurre con discreta esattezza la lunghezza media del suo diametro uguale, in cifra tonda, a 12741 chilometri, quella della circonferenza di un suo circolo massimo esattamente uguale a 40000 chilometri.

14. L'altezza delle montagne più elevate che si conoscano è alquanto maggiore di 8 chilometri; tali montagne sembrano ai nostri occhi qualche cosa di enorme. Eppure, se si rappresentasse la Terra con un globo artificiale di 1 metro di raggio, esse, trasportate in iscala su quel globo, figurerebbero come deboli rughe, come scabrosità alte poco più di un millimetro. Potete da questo arguire quanto grande sia questo mondo terraqueo che abitiamo.

15. La Terra ha dunque press'a poco la forma di una immensa palla il cui giro abbraccia non meno di 40000 chilometri: per farvi una idea di questa lunghezza vi basti riflettere che a percorrerla a

---

ferenza che è il diametro moltiplicato per il numero costante 3,1416. In ogni arco di circolo massimo si può considerare del pari l'ampiezza angolare, espressa in gradi, minuti primi e minuti secondi, la lunghezza, espressa in unità metriche. Fra questi elementi diversi esiste una proporzione assai semplice che si esprime così: l'ampiezza di un arco di circolo massimo sta alla sua lunghezza, come 360 gradi stanno al numero 3,1416 moltiplicato per il diametro del circolo stesso.

Se ci riesce quindi, ciò che non è difficile, a misurare sulla Terra l'ampiezza e la lunghezza di un suo arco anche breve di circolo massimo, di un suo arco di meridiano ad esempio, il solo diametro terrestre rimane nella proporzione sopra riferita incognito, e con calcolo semplicissimo lo si può determinare.

La forma della Terra non è quella di una sfera, sebbene molto non se ne allontani; solo quando si vuol tener conto della forma rigorosa della Terra, il problema della determinazione delle sue dimensioni diventa complesso e impossibile ad essere esposto popolarmente.

piedi, camminando di e notte e senza interruzione, in ragione di chilometri 4, 6 all'ora, si impiegherebbe un anno; e occorrerebbero due mesi di viaggio in ferrovia se il treno avesse la velocità ordinaria di 20 chilometri all'ora e mai si fermasse per via.

§ III.

La Terra è isolata nello spazio, da nulla pende sospesa, su nulla si appoggia.

16. Avrete, probabilmente, in qualche libro di Storia o di Geografia, letto di quei famosi navigatori portoghesi e spagnuoli, che fecero per i primi *il giro del globo.* Dopo di loro, in epoche relativamente a noi vicine, altri viaggiatori, e italiani e francesi e inglesi, rifecero il giro, parte per mare, parte per terra, in tutti i versi, sicchè se si tracciassero con linee sensibili i loro itinerarii, si otterrebbero delle curve intersecantisi in mille guise e tutte insieme formanti una fitta rete intorno alla Terra.

Ebbene, quei viaggiatori non incontrarono altri ostacoli sul loro cammino che catene di monti, cui bastò loro salire per un versante e scendere dall'altro per continuare il viaggio, che fiumi, laghi e mari, facilmente superabili colla navigazione. Partiti in una direzione, verso est ad esempio, continuando a camminare sempre in quella direzione stessa, sono ritornati a casa dalla direzione opposta. Dappertutto ebbero il cielo sopra le loro teste; dappertutto videro il Sole la Luna e le stelle girare apparentemente in cielo intorno a loro. È quindi ben certo e dai fatti dimostrato che la Terra stà

isolata in mezzo allo spazio; che non è sospesa ad alcuna fune, nè appoggiata ad alcun sostegno (1).

17. Tutti gli abitanti della Terra ne occupano la superficie; essi, ed in generale tutti gli oggetti terrestri, sono trattenuti sovra tal superficie dal loro *peso,* che è una forza la quale tende ad avvicinarli al centro della Terra.

Una pietra, lasciata cadere in un pozzo, non si ferma, sinchè il suo peso non l'ha tratta fino al fondo, e se il pozzo arrivasse col fondo suo fino al centro delle Terra, essa pietra non si fermerebbe che giunta a questo centro.

Un corpo che *cade* è un corpo che si avvicina al centro della Terra. Giunto a questo centro esso non potrebbe proseguire il suo cammino che *salendo* nella direzione contraria.

In conseguenza di questi fatti, tutti gli abitanti della Terra hanno il *basso,* i piedi, verso il centro di essa, e l'*alto,* il capo, nella direzione opposta, all'infuori della superficie della Terra. Tutti ci appoggiamo coi piedi ad essa superficie, tutti portiamo alta la testa, ed abbiamo lo spazio celeste sopra il nostro capo.

---

(1) Che la terra si libri sospesa nello spazio è cosa che qui si dimostra e si accetta come verità di fatto, ma della quale è difficile acquistar coscienza intera. L'antichità pure l'ammise, ma si può affermare con sicurezza che essa non seppe mai spiegare a sè medesima come la Terra e come in generale un corpo possa nello spazio librarsi isolato per ogni parte, nè sospeso, nè appoggiato.

Di questo fatto la vera ragione potè darsi solo nel secolo decimosettimo dopo la scoperta del principio della gravitazione universale; di esso si riesce ad aver coscienza piena solo dopo essersi per lunga meditazione resa famigliare la conoscenza e delle relazioni che esistono fra le forze e i movimenti da esse prodotte, e delle leggi meccaniche che governano i moti dei proiettili o dei gravi in generale.

Gli abitanti dei paesi che distano da noi di una mezza circonferenza di circolo massimo e che si trovano quindi rispetto a noi dall'altra parte del centro della Terra, volgono verso di noi i loro piedi e noi i nostri verso di loro: possiamo dire che essi sono *sotto* di noi, ed essi dicono che noi siamo *sotto* di loro. Questi abitanti di punti della Terra diametralmente opposti hanno i piedi rivolti gli uni verso gli altri, e soglionsi per questo chiamare *antipodi*.

§ IV.

La Terra ruota sopra sè stessa.

18. Si tratta ora di sapere se la Terra, librata com'è nello spazio, stia o non sempre ferma ed immobile allo stesso posto. Osserviamo e riflettiamo. Ecco dei fatti, teniamone calcolo.

Il Sole sorge la mattina, tramonta la sera, e nel tempo che passa fra il suo sorgere e tramontare abbiamo il giorno, in quello che passa fra il suo tramontare e il suo successivo sorgere abbiamo la notte. Questo è indubbiamente l'effetto di un movimento o del Sole o della Terra. Vediamo se dell'uno o dell'altra.

Noi assistiamo coi nostri proprii occhi al sorgere e al tramontar del Sole; noi vediamo il Sole sorgere a levante, salire sull'orizzonte, raggiungere sovr' esso un' altezza massima, discendere in seguito verso esso, tramontare a ponente, descrivendo in cielo un grande arco che si appoggia, per modo di dire, a due punti quasi opposti di quel circolo che si è chiamato orizzonte e che limita la superficie visibile della campagna;

lo stesso vediam fare la Luna, e di notte le stelle pure vediamo sorgere, innalzarsi sull'orizzonte, abbassarsi ver esso, tramontare. Tutti i corpi del cielo sorgono in un punto dell'orizzonte, tramontano in un punto opposto; il tempo che impiegano a sorgere, tramontare e successivamente risorgere è per tutti lo stesso; si direbbe che il cielo gira attorno a noi e con sè porta tutti gli astri.

Gli antichi, illusi da quest'apparenza, per molti secoli credettero ciò che noi pure, ove ci lasciassimo guidare dalla mera apparenza, potremmo credere, credettero cioè che la Terra fosse assolutamente immobile nel centro del firmamento e che il firmamento intorno ad essa Terra girasse.

Tale credenza prevalse fino ai tempi di due illustri astronomi, Copernico e Galileo, del quale ultimo avrete forse udito citare il celebre motto « eppur si muove. » Ma le osservazioni continuate, il ragionamento, la critica appoggiata al buon senso a poco a poco mandarono in discredito quell'opinione. Riconosciutosi infatti che il Sole e le stelle sono anch'essi corpi immensi, molte e molte volte maggiori della Terra, come mai potevasi continuar a credere che essi girassero perpetuamente intorno al piccol globo terrestre, a differenti grandissime distanze e nello stesso intervallo di tempo? Si giudicò, con miglior criterio, che non il cielo con tutti gli astri suoi girasse, ma la Terra sola ruotasse invece sopra sè stessa, e ciò tanto più a ragione in quantochè, sia che il cielo con tutti i suoi astri giri attorno alla Terra, sia che giri invece la Terra attorno ad un proprio asse di rotazione e in verso opposto, le apparenze non mutano, come verrò mostrandovi con qualche paragone.

Voi vedete sorgere gli astri a levante e tramontare a ponente, e non avete intorno a voi nessun

punto fisso al quale riferire il moto di essi astri e non siete per conseguenza in grado di giudicare se siano gli astri che girano o se non siate piuttosto voi che girate in direzione opposta; nessuna scossa, nessun rumore, nessun spostamento fra gli oggetti terrestri intorno a voi ve ne avverte.

A ben capire come questo avvenga giova riflettere un momento al fatto seguente ben noto: quando voi viaggiate chiuso nella carrozza di un convoglio ferroviario in moto, se guardate fuor dal finestrino, vedete i pali del telegrafo, gli alberi, le cantoniere e tutto ciò che è fisso al terreno corrervi incontro e fuggire quasi dietro di voi; se guardate invece dentro la carrozza ogni cosa sta ferma a suo posto e i viaggiatori comodamente seduti si intrattengono fra di loro come nel salotto di una casa. Se non sapeste positivamente di esser velocemente trasportati dalla locomotiva, non è egli vero che voi potreste pensare essere gli alberi, i pali, gli edifizi che si muovono, correndo in direzione opposta a quella del convoglio? Al modo stesso il cielo sembra rotare attorno ad un asse proprio di rotazione da oriente ad occidente, mentre in realtà non ruota e siam noi che ruotiamo colla Terra nel verso opposto da occidente ad oriente.

Qui però è da notare una piccola differenza; nell'esempio accennato, le piante, gli edifizii vi corrono incontro e fuggono in linea retta, e ciò dipende dal fatto che voi pure correte in linea retta. Gli astri invece descrivono in cielo degli archi di circonferenze di circolo, e questo facilmente per analogia si spiega ammettendo, come si è pur ora asserito, che non gli astri ma l'osservatore stesso descriva una circonferenza, e la descriva stando sulla Terra. E poichè altrettanto

accade per tutti gli osservatori sparsi sulla superficie terrestre, ragion vuole si dica che essi tutti girano, che cioè la Terra, la quale tutti li porta, gira e fa che essi girino in determinate circonferenze; questo fatto si enuncia colle seguenti parole: la Terra ruota sopra sè stessa.

19. Spieghiamo bene che cosa significhi questa frase « ruotare sopra sè stesso, o intorno al proprio asse. »

Il fatto del ruotare vi è di certo caduto sott'occhio migliaia di volte senza che forse vi abbiate posto mente; fors'anco esso vi sarà più volte apparso complicato da quello della *traslazione,* e in tal caso vi sarà riuscito difficile distinguere chiaramente l'un moto dall'altro. Complesso ad esempio è il moto delle ruote di una carrozza, le quali ruotano, ovvero girano intorno alle loro sale o *assi,* nel tempo stesso che trasportano la carrozza da un luogo ad un altro. Semplice invece è il moto d'una ruota da affilare; essa non ha altro moto che quello di rotazione, e, ruotando, fa sì che tutti i punti della sua periferia vengano successivamente a passare sotto gli occhi dell'arrotino.

Ma per venire ad un paragone più calzante, osservate una palla montata su un tornio, mentre l'operaio la fa girare per darle l'ultima mano: voi siete in una camera, dalla cui unica finestrella un largo fascio di luce entrando batte proprio sulla palla. Una metà della palla, quella verso la finestra, è sempre illuminata, l'altra metà, dall'opposta banda, è sempre oscura; immaginate un nodo oppure un qualunque piccolo disegno nel legno che è sul tornio, guardate e vedrete che esso ad ogni giro passa per il fascio dei raggi del Sole, e per una parte del giro attraversa lo sprazzo di luce solare, per la restante parte resta nell'ombra.

Vediamo ora più da vicino come giri la palla. Le punte dei toppi la stringono in due punti opposti che sono agli estremi di un suo diametro; questi punti voi non li vedete girare, ma intorno ad essi gira visibilmente la palla, quasi fosse attraversata da una spina.

Noi possiamo immaginare che la Terra analogamente giri; ai punti che durante la rotazione rimangono fermi daremo il nome di *poli,* al diametro che attraverso alla Terra possiamo immaginare dall'un polo all'altro daremo il nome di *asse della rotazione.* Se per avventura il nodo o il piccolo disegno che immaginaste nella palla montata sul tornio si trovasse proprio ad egual distanza dalle punte dei toppi, il circolo ch'esso descriverebbe durante un giro vi potrebbe dar un'idea di ciò che sulla Terra chiamiamo *equatore:* un circolo massimo equidistante dai poli in tutti i suoi punti; la Terra ne resta divisa in due emisferi d'egual estensione, di cui uno, quello in cui trovasi l'Italia, chiamasi boreale o settentrionale, l'altro australe o meridionale.

20. La Terra adunque ruota sopra sè stessa come se girasse intorno ad un asse vero materiale che tutta l'attraversasse da un polo all'altro. Questa sua rotazione produce il sorgere e il tramontare del Sole e di tutti gli astri del cielo, produce quel movimento diurno che la più semplice osservazione basta a dimostrare comune a tutte le stelle. Il movimento diurno della sfera celeste a cui non si sottraggono nè il Sole, nè la Luna, nè i pianeti, nè le stelle non è che apparente: la volta celeste è immobile: è la Terra che gira e fa si che mentre noi crediamo una data stella avere percorso da oriente ad occidente un certo arco di circonferenza di circolo, siamo noi invece che un arco parallelo

descritto abbiamo inconscii in verso opposto, da occidente ad oriente.

Esaminiamo ora, vi prego, con qualche attenzione le varie parti delle vicine figure 4 *bis* e 5. Nella fig. 4 *bis* il circolo $PQP'B$ rappresenta un circolo massimo della sfera terrestre e quindi la

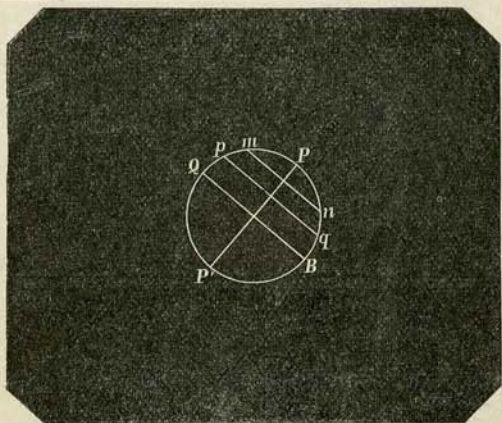



Fig. 4 *bis*.

Terra; i punti diametralmente opposti P, P' rappresentano i poli della Terra; il diametro PP' rappresenta l'asse intorno a cui la Terra ruota. I luoghi della Terra come Q, p, m descrivono, durante un giro di essa, altrettanti circoli situati in piani perpendicolari all'asse PP' e proiettantisi sulla fig. 4 *bis* secondo le rette QB, pq, mn. Il circolo descritto da Q ha tutti i suoi punti equidistanti sì da P che da P'; è quindi esso pure un

circolo massimo della sfera e rappresenta l'equatore: i circoli descritti da p e da m sono circoli minori della sfera terrestre, i quali corrono paralleli all'equatore, e appunto per ciò *paralleli* vengono chiamati.

Se si guarda la Terra da un altro punto di vista,

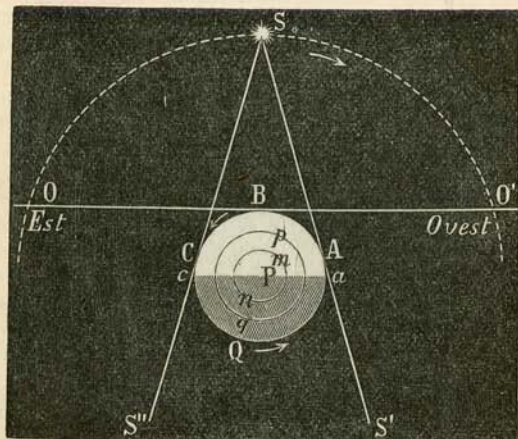



Fig. 5.

se si immagina chi osserva collocato sulla linea $P'P$ prolungata al di là di P, e collocato inoltre molto lontano da P, si vedranno le linee della figura 4 *bis* così come sono rappresentate dalla figura 5.

Il circolo descritto nella rotazione da Q, ossia l'equatore, si vedrà in tutta la sua forma e grandezza, e quindi come il circolo $QABC$ della fig. 5; il punto P, nella fig. 4 *bis* una delle estremità del

diametro $P'P$, si vedrà nella fig. 5 in P centro del circolo $QABC$; i due circoli minori descritti durante una rotazione della Terra dai due luoghi come p ed m, fig. 4 *bis*, si vedranno, fig. 5, come due circoli pq, mn concentrici all'equatore.

Nella fig. 5 si suppone inoltre che in S stia il Sole, che in B sull'equatore terrestre stia il lettore, che in OO', tangente nel punto B al circolo $QABC$, sia l'orizzonte del luogo B, che analogamente nelle tangenti SAS', SCS'' sieno rispettivamente gli orizzonti dei luoghi A, C.

Come si vedrà più tardi, la distanza del Sole dalla Terra è grandissima, ed avendo assunto il circolo $QABC$ come rappresentante la Terra bisognerebbe sul disegno, per conservare i giusti rapporti fra le diverse sue parti. collocare il punto S ad una distanza grandissima; solo per necessità di formato lo si colloca vicino. Sta al lettore di supporlo trasportato a distanza tale che rispetto ad essa il diametro ac diventi una quantità trascurabile, e capire insieme che in tal caso le due rette AS, CS farebbero in S un angolo molto acuto in realtà tanto piccolo da autorizzare a ritenere senza error sensibile parallele le due rette stesse.

Ciò posto ricordiamo di aver detto dianzi che una di queste due cose deve succedere.

O il Sole si muove intorno alla Terra, supposta ferma, e allora esso per voi che state in B sorge nel punto O, reca il mezzodì quando è in S, tramonta in O'.

O il Sole è fermo in S e voi vi movete, portato dalla Terra, ed allora ecco quanto accade.

Voi portato dalla Terra percorrete inconscio il circolo $BCQA$; al mattino vi trovate, supponiamo, in A e vedete spuntare il Sole S sul vostro orizzonte SS': continuate a girare colla Terra nel

verso della freccia in direzione contraria a quella del moto apparente del Sole, passate successivamente per le posizioni *B*, *C*, e nel tragitto avete sempre il Sole in vista e la luce del *giorno;* continuate il vostro giro, passate per *Q*, tornate di nuovo in *A*, e nel frattempo perdete la vista del Sole ed avete la *notte*.

Quando siete stato in *B*, il vostro orizzonte fu *OO'* e allora fu per voi mezzogiorno; quando eravate in *C* avevate per orizzonte *SS''*, e per voi in quell'istante il Sole tramontava. Nel vostro tragitto da *C* ad *A*, segnato dal tratto di circonferenza *CQA*, non vedeste il Sole che era sotto di voi, aveste notte, e sopra il vostro capo la volta del cielo ingemmata di stelle (1).

21. La Terra gira, o meglio ruota, e voi senza avvedervene partecipate al suo moto di rotazione. Voi inconsciamente attribuite il moto vostro reale, di cui non avete coscienza, al Sole, alle stelle, ai corpi tutti del cielo, al cielo stesso; e poichè circolare realmente è il vostro moto, circolare è di conseguenza il moto che attribuite alla volta celeste.

Durante ogni rotazione della Terra voi, portato da essa, percorrete ora la parte di circolo *ABC*, ora la parte *CQA*, (rigorosamente ora il semicircolo *aBc*, ora quello *cQa*); durante il primo percorso avete il giorno, durante il secondo la notte, e questo vi spiega il perchè e i giorni e le notti si susseguono con regolare e non interrotta alternativa.

---

(1) In realtà, come appena si disse e come più sotto si ripeterà, i fascii solari *SS'*, *SS''* si possono considerare come paralleli fra loro, e i punti per conseguenza nei quali essi lambono la sfera terrestre sono *a*, *c* invece che *A*, *C*.

Supponiamo che nella fig. 5 il circolo *QABC* rappresenti il nostro emisfero, l'emisfero settentrionale o boreale; il punto *P* rappresenterà il polo che è sull'emisfero nostro, il polo nord o boreale. Trasportatevi col pensiero in *P*, e supponete di essere là diritto in piedi sul polo. Da qualunque parte voi volgiate la fronte è manifesto che, finchè il Sole rimane fermo nel punto *S*, voi vedrete luce diurna, e che, attribuendo al Sole la rotazione vostra incessante, voi vedrete il Sole girare incessantemente sull'orizzonte vostro e andare dalla vostra sinistra verso la destra.

22. Osserviamo finalmente i due circoli interni *pq*, *mn*, concentrici all'equatore: il luogo *p*, a cui si riferisce il primo di detti circoli, compie un giro nel tempo istesso in cui uno ne compie il luogo *A* dell'equatore; ma il circolo *pq* è più piccolo, e la sua periferia ha una lunghezza minore di quella del circolo *ABCQ*; il luogo *p* fa quindi nell'istesso tempo una strada più corta che non il luogo *A*, e necessariamente gira con velocità minore di quella di *A*. Il luogo *m*, essendo situato sopra una circonferenza più piccola ancora, ragion vuole che si muova anche più lentamente; e quindi appar manifesto che i luoghi della superficie del globo, quanto più son vicini a un polo, debbono avere una velocità sempre minore, che il polo stesso non deve averne alcuna, e rimaner fermo. Esso è, il lettore si ricorda, come quel punto della palla sul tornio, su cui si appoggiava la punta del toppo.

§ V.

La Terra compie una rotazione in un giorno di ventiquattro ore.

23. Approfittiamo ancora della fig. 5 in cui il circolo *ABCQ* rappresenta la sfera terrestre. Consideriamo il Sole *S*, e pensiamo ad un tempo che esso è lontanissimo dalla Terra; consideriamo le due posizioni *A*, *C* dell'osservatore. A cagione dell'immensa distanza del Sole, i fascii luminosi, che da esso arrivano a luoghi opposti della Terra, si possono considerare come paralleli, e i fascii *SS'* *SS''*, i quali lambiscono il globo terrestre, se la figura fosse proporzionale al vero, cadrebbero, come già si notò, nei punti *a*, *c*, e non in *A*, *C* come nel disegno.

La linea *ac* per effetto di prospettiva è nel disegno una linea retta, anzi un diametro del circolo *ABCQ*, ma in realtà essendo tracciata sopra una sfera, è un mezzo cerchio che continua dalla parte opposta e qui compie una circonferenza di circolo massimo.

La linea *ac* rappresenta quello che si chiama *circolo d'illuminazione* della Terra, circolo che, come accerta la figura stessa, divide la Terra in due metà, o in due emisferi. Uno di essi è rivolto al Sole, ed è da esso tutto illuminato; l'altro è dalla parte opposta a quella in cui sta il Sole e rimane quindi tutto nell'ombra, analogamente a ciò che già si è notato a proposito della palla montata sul tornio.

24. Immaginiamo la Terra e il Sole fermi ambedue: è evidente che in tal caso non avremmo giorni e notti alternantisi e susseguentisi, che

avremmo invece giorno perpetuo in ogni luogo dell'emisfero *ABC*, e contemporaneamente notte perpetua ovunque sull'emisfero *CQA*.

Supponiamo che le cose siano in realtà come le presenta la figura 5, supponiamo cioè il Sole sul piano dell'equatore, che nel disegno è lo stesso foglio di carta. In questo caso qualunque punto della Terra, ruotando questa intorno al proprio polo *P*, avrebbe altrettante ore di giorno quante di notte, avrebbe giorni e notti di egual lunghezza, e ciò perchè le circonferenze *BQ*, *bq*, *mn*, ecc., sono appunto divise per metà dal circolo d'illuminazione.

Si verifica desso quest'ultimo fatto? Tutti possono rispondere che esso si verifica due sole volte in un anno; ai 22 di marzo e ai 22 di settembre si hanno infatti 12 ore di giorno e altrettante di notte in tutti i luoghi della Terra, i Poli esclusi. Di questa eccezione si comprenderà più sotto il motivo, e allora si vedrà pure per qual ragione per noi, in tutte le altre epoche dell'anno, la durata del giorno non è uguale a quella della notte.

25. La rotazione della Terra intorno al proprio asse succede in modo che la si può ritenere, senza errore percettibile, regolare ed uniforme. È questo un fatto degno di molta attenzione ed importantissimo, poichè in grazia di esso la rotazione della Terra diventa una preziosa e naturale misura del tempo.

Gli antichi desunsero una tale misura dal sorgere e dal tramontare del Sole; ma il sorgere e il tramontare del Sole, come il sorgere e il tramontare di tutti gli astri, così come il moto sensibile dell'intera volta celeste sono, lo dimostrammo or ora, fatti apparenti, determinati in realtà dalla rotazione della Terra.

Nel tempo che passa fra il sorgere di una stella e il suo sorgere immediatamente successivo, la Terra compie una rotazione precisa intorno al proprio asse, e poichè questa rotazione è regolare ed uniforme, ne segue che la durata sua è sempre la stessa, che il tempo il quale trascorre fra il sorgere di una stella e il suo risorgere è pur esso sempre lo stesso; ne segue ancora che come misura della durata della rotazione terrestre possiamo prendere il tempo che passa fra il sorgere o il tramontare di una stella e il suo sorgere o il suo tramontare successivo, oppure, ciò che torna lo stesso, il tempo che trascorre fra i passaggi successivi di una stella per un determinato piano condotto per il centro della Terra, per il piano ad es. che s'usa chiamare *meridiano*.

Gli antichi, invece che una stella, considerarono il Sole. A dir vero, il tempo che trascorre fra due passaggi successivi del Sole per un meridiano non è rigorosamente uguale alla durata di una rotazione della Terra, ma la differenza non è grande, ed in ogni caso può sempre con rigore affermarsi che dal tempo che trascorre fra due passaggi successivi del Sole per un dato meridiano, ed anche da quello che trascorre fra due suoi tramonti successivi, si può dedurre la vera durata della rotazione della Terra.

Al tempo che trascorre fra due passaggi successivi del Sole per un meridiano si dà il nome di *giorno sòlare*, e fin dall'antichità tal tempo fu diviso in 24 parti uguali, ognuna delle quali rappresenta un'*ora*. Antica pure è la suddivisione di un'ora in 60 parti uguali, dette *minuti primi*, o semplicemente *minuti*; non meno antica è l'ulteriore suddivisione di un minuto in altre 60 parti uguali, suddivisione che dà il *minuto secondo*, che

è poco più della durata ordinaria d'una battuta di polso.

Già dissimo che ogni rotazione della Terra apporta a noi un giorno ed una notte, intese queste parole nel loro significato ordinario; già dissimo ancora che in due sole epoche dell'anno noi abbiamo il giorno lungo così come la notte successiva. In ogni altra epoca il nostro giorno e la successiva notte hanno durate disuguali fra loro, ma la somma delle singole durate successive dell'uno e dell'altra è sempre costante ed uguale alle 24 ore del giorno solare.

§ VI.

La Terra è alquanto schiacciata ai poli della sua rotazione. Piccoli movimenti osservati in detti poli.

26. Nel discorrere della figura della Terra abbiamo concluso (§ II) che essa è un corpo rotondeggiante, poco diverso da una palla o da un globo, che essa in altre parole ha approssimativamente la forma sferica. Approssimativamente, perchè già le ineguaglianze e la scabrosità della sua superficie, sebbene piccolissime, come vedemmo, in confronto delle sue dimensioni, bastano ad impedire che la figura della Terra possa mai essere considerata come esattamente sferica.

Ora che noi abbiamo imparato a conoscere sulla Terra i poli della sua rotazione, e il circolo detto equatore, siamo in grado di intendere bene un'altra deviazione della Terra dalla esatta figura sferica, deviazione alla quale si dà il nome di *schiacciamento*.

27. Tale deviazione proviene da ciò che i *diametri* della Terra, cioè le linee condotte per il suo

centro e terminate da ambe le parti a punti opposti della superficie, non sono perfettamente uguali, anche quando si faccia astrazione dalle ineguaglianze prodotte dalle montagne.

Nella figura 6 sia C il centro della Terra; P, P' siano i due poli: la retta PP' rappresenterà l'asse di rotazione, e la retta EE' sarà la rappresentazione di un diametro dell'equatore. Or bene,

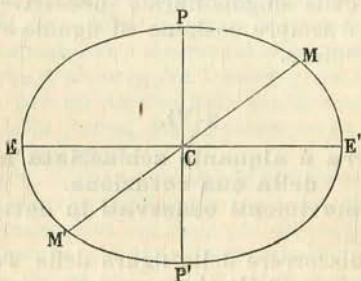



Fig. 6.

per mezzo di esatte misure, in questo libro impossibili a descrivere, si è trovato che il *diametro polare* PP' della Terra è alquanto minore dei *diametri equatoriali* come EE' e che ogni diametro MM' intermedio obliquo è minore di EE', maggiore di PP'. Questo è l' insieme dei fatti ai quali si accenna, quando si dice che la Terra è compressa o schiacciata ai poli.

Non bisogna tuttavia immaginare che la Terra cessi per ciò di avere all'ingrosso la forma di una palla. La differenza fra il maggior diametro EE' e il minore PP' è soltanto di una trecentesima parte di EE'; cioè ove la Terra potesse rappresentarsi con

un disegno avente il diametro *EE'* di 300 millimetri, bisognerebbe, per restare nel vero, dare al diametro *PP'* 299 millimetri di lunghezza. È piccolissima nel supposto disegno questa differenza di un millimetro fra *EF'* e *PP'*, e nel disegno nostro essa riescirebbe affatto insensibile all'occhio. Si è dovuto nella figura 6 esagerare di molto la disproporzione fra *EE'* e *PP'* appunto per rendere all'occhio più evidente ciò che in questo paragrafo si doveva dire.

La vera lunghezza del diametro *EE'* è, stando alle più esatte misure, di chilometri 12755: quella del diametro *PP'* di chilometri 12712: lo schiacciamento è la metà della differenza fra questi due diametri, cioè 21 chilometri circa per parte. Questo schiacciamento si estende a tutta la superficie della Terra, tanto a quella degli oceani, che a quella dei continenti. A cagione di esso si dice talvolta che la Terra è uno *sferoide* o un *ellissoide schiacciato.*

Lo schiacciamento, la forma ovale della Terra, la rotazione terrestre sono fatti intimamente e meccanicamente collegati fra di loro. Il moto di rotazione della Terra produce come necessaria conseguenza la forma sua ovale e schiacciata verso i poli; studiare i mutui rapporti esistenti fra la rotazione e lo schiacciamento terrestre fu ed è uno dei problemi più difficili, più interessanti, più suggestivi dell'astronomia.

I progrediti metodi di osservazione, la grande precisione con cui oggi si fanno le misure astronomiche hanno recentemente reso possibile di dimostrare che i poli della rotazione terrestre non sono fissi ma si spostano sulla superficie della Terra in modo sensibile e suscettibile di misura. Descrivono essi attorno ad una loro posizione me-

dia e ideale una linea spiraliforme, complessa, che tutta si svolge su un'area di piccolissima estensione, che non può dirsi peranco esattamente determinata e conosciuta in ogni suo dettaglio, ma della quale non è più possibile dubitare.

Queste migrazioni dei poli della rotazione sulla superficie terrestre costituiscono uno dei fatti più importanti scoperti dalla scienza contemporanea. Astronomi e geodeti allo studio di esse migrazioni attendono con osservazioni diuturne e incessanti, ma dire ampiamente delle migrazioni stesse, delle deduzioni e delle induzioni alle quali esse già diedero luogo non è possibile in un libro che è e deve rimanere elementare; qui basta averne fatto un breve cenno.

§ VII.

La Terra ha un altro movimento oltre quello di rotazione.

28. Debbo adesso provarmi a dimostrarvi che la Terra ha un altro movimento, oltre quello di rotazione, e che in grazia di questo altro movimento essa si trasporta, ossia cambia di posto nello spazio. È un moto che dicesi di *rivoluzione,* perchè si compie dalla Terra intorno al Sole, come vedrassi qui appresso, e perchè in causa di esso la Terra rivolgesi appunto attorno al Sole.

Per la mia dimostrazione è necessario che voi abbiate osservato il cielo di notte, o meglio che voi lo osserviate meco, quando è sereno e stellato, ponendo mente ad un'apparenza che esso ci presenta.

29. Sapete già che cosa s'intende per orizzonte; ora il firmamento o il cielo, come più vi piace, il

quale sembra appoggiarsi sul contorno di esso orizzonte, il firmamento ripeto ci abbraccia lunghesso tutto l'orizzonte stesso, ci copre, ci avvolge da ogni parte, sicchè quella che con linguaggio famigliare chiamiamo la *vôlta* del cielo assomiglia ad una grande cupola, ad una porzione di una superficie sferica immensa, ad una immensa callotta sferica.

Essa è disseminata di stelle, che, diversamente qua e là aggruppate, formano delle configurazioni ben distinte l'una dall'altra, le quali mantengono sempre tra loro le stesse relative distanze e posizioni.

Questo che diciamo per noi, abitanti dell'emisfero nord della Terra, è vero ancora per un osservatore che abiti nell'altro emisfero, in Australia ad esempio. Le apparenze essenzialmente non mutano; solo l'australiano vede la sua cupola celeste, il cielo suo ingemmati da configurazioni stellari differenti dalle nostre.

Il cielo è incommensurabile, indefinito, senza fondo; la Terra, benchè per sè stessa così grande, in confronto al cielo è molto piccola, tanto piccola da potersi, quasi senza errore, ritenere come un semplice punto in mezzo allo spazio disseminato di astri, sicchè diventa lecito dire che gli abitanti antipodi si toccano quasi coi piedi. Riuniamo le loro due mezze sfere di cielo, le loro due vôlte celesti; esse vengono a formare la intera sfera celeste, denominazione che si dà, a cagione appunto delle ottiche apparenze, a quell'insieme di astri, che, per la loro sterminata lontananza, appaiono tutti situati ad una stessa distanza da noi e infissi alla vôlta azzurra del firmamento, vôlta che è una pura e semplice parvenza.

30. La Terra è dunque d'ogni intorno circondata

da corpi celesti, i quali per la massima parte sono più lontani, molto più lontani, del Sole, e i quali ricevettero il nome generico di stelle. Nella figura 7, il circolo maggiore, su cui son distribuite delle

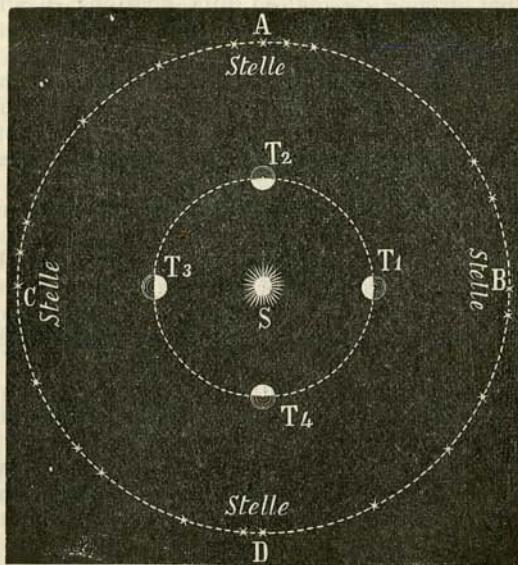



Fig. 7.

piccole croci a convenzionalmente rappresentare delle stelle, richiamar deve alla mente l'apparente superficie della sfera celeste. Il circolo minore concentrico al precedente segna il cammino, detto propriamente *orbita,* che la Terra percorre, come voglio dimostrare, intorno al Sole.

I due circoli sono per necessità di formato tracciati l'uno all'altro vicini; in realtà la loro distanza reciproca è infinitamente grande.

In T_1, T_2, T_3, T_4 sono segnate quattro posizioni della Terra nella propria orbita: in ciascuna delle quattro posizioni, la porzione della Terra rivolta al Sole ha giorno, e gli abitanti di essa non vedono le stelle perchè «scompare ogni astro in faccia al Sol» e perchè le stelle restano offuscate dal grande splendore della luce solare; la parte od emisfero opposto ha notte, e sugli orizzonti degli abitanti suoi splendono come gemme le stelle.

31. Lasciamo per un istante la figura, e ricordiamo prima quello che ognuno può riconoscere e verificare, quando voglia con qualche perseveranza osservare il cielo durante un anno nelle notti serene.

Ad una data ora della notte, e sia sempre la stessa, in una determinata plaga del cielo, per esempio quella a mezzodì, le configurazioni di stelle che vedonsi d'estate son tutt'altre da quelle che si veggono d'inverno; nè questo è tutto: non sono le stesse neppure da un mese all'altro, anzi, osservando bene in quel posto del cielo, a quell'ora, per più sere di seguito, v'accorgerete che una data configurazione presa di mira va di giorno in giorno movendosi verso occidente insieme a tutte le altre che la circondano: e poichè fanno così tutte le stelle e tutti i gruppi di stelle senza verun mutamento nelle loro distanze e posizioni reciproche, e' ci pare che tutta la vôlta celeste di mese in mese si sposti lentamente da oriente verso occidente.

32. Ricordiamo ancora un altro fatto: se osserviamo ad un'ora determinata, a mezzanotte per es., una costellazione, od anche solamente una stella

ben riconoscibile, mentre sorge a levante, noi riosservandola sempre all'ora istessa la vedremo dopo tre mesi, alta sull'orizzonte, a metà cammino fra il levante e il ponente; continuando ad osservarla, dopo altri tre mesi, a quella istessa ora, la vedremo invece sul lembo dell'orizzonte ad occidente. Durante i sei mesi successivi non la vedremo più alla stessa ora di mezzanotte in nessun luogo del cielo visibile, e trascorsi i sei mesi la rivedremo riapparire ad est, là dove per la prima volta un anno prima la vedemmo.

Non vi pare di poter concludere da questi fatti che il cielo tutt'insieme si muove, gira, nell'intervallo di un anno, intorno alla Terra, da sinistra a destra nel vostro paese, da destra a sinistra nel paese de' vostri antipodi?

Ma questa è una illusione; il cielo, ossia la sfera celeste come si usa dire, non gira punto intorno alla Terra. A quel modo che il levare del sole a oriente e il suo tramontare a occidente, a cui consegue l'alternarsi del dì e della notte, è un effetto del moto di rotazione della Terra nel verso da occidente a oriente, così il lento e perpetuo trasportarsi delle stelle in cielo da levante verso ponente, il giro ch'esse compiono in un anno sono mere apparenze, e sono un effetto del moto di rivoluzione della Terra che realmente succede intorno al Sole in verso opposto, e che deve compiersi appunto nell'intervallo di un anno.

33. Ora torniamo alla nostra figura. Consideriamo la posizione T_1 della Terra; l'emisfero rivolto al Sole, (la parte sinistra del circoletto che rappresenta la Terra) ha giorno; l'altro emisfero ha notte. La Terra non possieda, per un supposto, altro moto che quello di rotazione; ne nasceranno le apparenze seguenti: di notte saranno perpetua-

mente visibili agli abitanti della Terra le configurazioni stellari sparse sulla mezza sfera celeste *ABD;* le stelle prossime ad *A* si vedranno a levante, le stelle *D* a ponente; e per tutti i trecentosessantacinque giorni dell'anno, e per un'infinita serie di anni, sarà sempre così.

Ma, direte voi, ciò non concorda punto colla realtà. Avete ragione, ed infatti ciò non è quello che abbiamo osservato.

Bisogna dunque andar in cerca di qualche causa che dia ragione di quel che vediamo. Noi ne troviamo due, o a dir meglio, possiamo supporne due: possiamo supporre cioè, o che il Sole giri e compia, nell'intervallo di un anno, un giro intorno alla Terra, o che nell'istesso periodo di tempo la Terra giri e compia un giro intorno al Sole.

Il primo supposto è da porsi, come lo abbiamo già fatto, da parte per molte ragioni che s'intenderanno in seguito, e di cui qui non è luogo di parlare, ma fra le quali basterebbe questa, per quanto volgare, che il Sole essendo immensamente più grande della Terra, è assai più probabile che sia esso il centro del moto della Terra, anziché sia esso che intorno alla Terra giri. Del resto non abbiam bisogno di discutere questa supposizione che urta il buon senso, dacchè abbiamo l'altra più verosimile, già da me posta innanzi, la quale rende completamente ragione dei fatti che voi stessi avete notati.

Ricordiamoci, infatti, d'aver già considerato la Terra nella sua posizione T_1, quando gli abitanti suoi vedono a mezzanotte le stelle *B*; consideriamola ora nella sua posizione T_3; ci persuaderemo senz'altro che quelle stesse stelle *B* sarebbero visibili solo di giorno e sono in realtà offuscate dal

Sole *S*, che è tra esse e la Terra, che di notte appariranno tutt'altre stelle, quelle cioè che stanno fra *A* e *C* e fra *C* e *D*.

A passare da T_1 in T_3 la Terra impiegò sei mesi; lasciamone passare altri sei, e la Terra ritornata in T_1, riporrà i suoi abitanti in condizione di veder di nuovo durante la notte al medesimo posto le stelle *B*. Parmi così abbastanza spiegata la diversità del cielo stellato in due epoche opposte dell'anno.

34. Completiamo però la nostra dimostrazione. Voi avete appreso nel paragrafo V precedente che un abitante qualsiasi della Terra ha mezzogiorno quando arriva a metà del periodo di tempo detto giorno, ha mezzanotte, quando giunge al mezzo del periodo detto notte.

Guardando verso il mezzodì, ossia verso il punto sud del nostro orizzonte, noi abbiamo l'est o levante a sinistra, l'ovest o ponente a destra.

Or dunque, quando la Terra (fig. 7), è in T_1, l'osservatore situato nel mezzo del semicircoletto oscuro vede a mezzanotte (l'ora da noi più sopra scelta) dinanzi a sè le stelle *B*, alla sua manca le stelle *A*, alla destra le stelle *D*. Dopo tre mesi, trovandosi in T_2, egli verificherà quello che insieme già abbiam constatato nelle nostre osservazioni notturne, egli avrà cioè le stelle *B* a destra (orizzonte ovest), e nuove stelle *C*, che non vedeva prima, sull'orizzonte est, cioè alla sua sinistra, ed è chiaro per sè che nel tempo da lui impiegato per trasportarsi colla Terra da T_1 verso T_2, egli avrà visto la configurazione delle stelle *B* muoversi di giorno in giorno sempre più verso la sua destra, ossia verso ponente. Trascorsi sei mesi dacchè egli fu nel luogo T_2, il nostro osservatore arriverà colla Terra in T_4; vedrà, verso l'ora di mezza-

notte, ricomparire alla sua sinistra le stelle *B*, e dopo altri tre mesi, tornato colla Terra in T_1, rivedrà ancora le medesime stelle *B* dinanzi a sè al posto che occupavano un anno prima.

Resta così provato che la Terra compie un giro intorno al Sole nell'intervallo di un anno (1).

§ VIII.

I due movimenti della Terra non si effettuano nel medesimo piano.

35. Forse, per il giovane lettore, la frase posta in capo a questo paragrafo «i moti della Terra non si effettuano nel medesimo piano» esige qualche dilucidazione, che posso dargli valendomi della figura 8 seguente.

Anzi tutto è duopo sapere che un piano è una estensione su cui si possono adagiare dei circoli, e non soltanto tracciare delle circonferenze che di quei circoli segnino il limite esteriore: una circonferenza essendo il limite di una estensione circolare appartenente ad un piano, ne consegue che quando si dice «piano di un circolo» s'intende la superficie piana su cui il circolo è descritto, e s'intende indicare non solo la parte di piano che

(1) Questo moto della Terra costituisce la più ardita e profonda conquista dello spirito umano; è opera di ingegni sovrani, e per essa i nomi di Copernico, di Galileo, di Kepler e di Newton salirono ad un'altezza, cui altri potrà forse raggiungere ma oltrepassare mai.

La Terra in un giorno compie una rotazione intorno a sè medesima, in un anno compie una rivoluzione attorno al Sole. Gira attorno al Sole mantenendosi sempre a grande distanza da esso; gira, si sposta nello spazio con velocità vertiginosa, e in un minuto secondo di tempo percorre nello spazio 30 chilometri circa.

intorno intorno è limitata dalla circonferenza di circolo, ma la parte stessa prolungata quanto vuolsi in tutte le direzioni.

36. Ciò premesso, osservisi la fig. 8 che chiarirà quanto sto per dire.

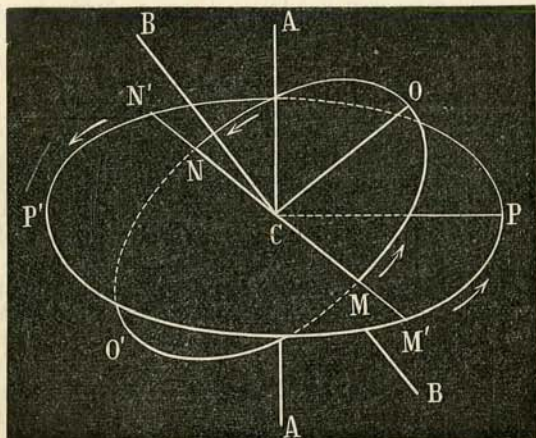



Fig. 8.

Il circolo più grande, che suppongo orizzontale e che per legge di prospettiva appare ovale, determina un piano (orizzontale); il circolo più piccolo, inclinato al circolo più grande, determina un altro piano che attraversa il piano del primo circolo tagliandolo lungo la retta *NM*. I due circoli hanno il centro nello stesso punto *C*, ed *N'M'*, *NM* sono i loro diametri presi sulla loro comune intersezione. Tracciati due raggi *CP*, *CO*, entrambi

perpendicolari a questa comune intersezione, essi comprenderanno fra loro un angolo: è l'angolo dei piani dei due circoli.

Vi darò un paragone. Le pagine di un libro chiuso sono altrettanti piani paralleli fra loro; aprite il libro un poco verso il mezzo senza levarlo dal tavolino su cui posa, le pagine che avete allontanate da quelle rimaste al loro posto sono tanti piani inclinati a queste; aprite il libro per metà, le pagine alzate saranno perpendicolari alle rimaste in posto.

37. Ora facciamo ruotare quei circoli come fossero due piastrelle infilate sopra un fuscellino, e facciamoli ruotare nel verso delle frecce; il punto *P*, che appartiene alla periferia del circolo orizzontale, si muove nel piano di questo circolo; il punto *O*, situato sulla periferia dell'altro circolo, si muove nel piano di quest'altro circolo; dunque i punti *P*, *O* si muovono o più propriamente girano in piani diversi.

Se il circolo minore s'inclinasse fino a cadere sul piano del circolo maggiore e con esso coincidere, quei due punti girerebbero nel medesimo piano.

38. Dopo ciò, se supponiamo che il circolo più piccolo *NOMO'* diventi l'equatore terrestre, diremo che la Terra ruota nel piano di quel circolo, perchè nella sua rotazione tutti i suoi punti descrivono circoli paralleli a quel piano; e se immaginiamo altresì che il Sole si muova nel verso della freccia percorrendo la periferia del circolo maggiore, diremo che il Sole si muove in un piano inclinato all'equatore.

Ma noi ora sappiamo che il Sole è fermo e che il suo moto apparente è effetto di quello reale della Terra; dunque, per porre le cose nel loro

vero stato, collocheremo il Sole nel centro del circolo maggiore, e sulla circonferenza di questo faremo muovere la Terra nel verso della saetta. Per far ciò, attenendoci alla verità, non avremo che a trasportare il centro del circolo minore (che abbiam finto or ora rappresentasse l'equatore) sulla circonferenza del circolo maggiore $P'M'PN'$, conservando fra i piani di essi la primiera inclinazione. Così avremo rappresentato la Terra che ruota intorno a sè stessa in un piano, e che ad un tempo muovesi in un altro piano al primo inclinato.

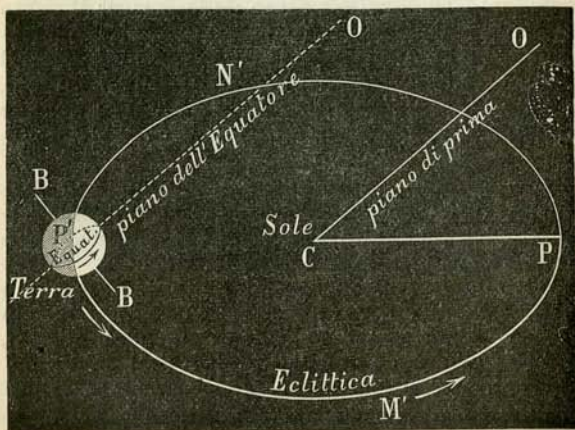



Fig. 9.

39. Poste le cose in questa forma, possiamo modificare la fig. 8 in modo da trasformarla nella fig. 9, e possiamo paragonare la fig. 9 colla realtà,

la quale è appunto dalla figura 9 rappresentata in proporzioni minime.

Noi vediamo in P' la Terra col suo equatore inclinato al piano del gran circolo $P'M'PN'$, circolo di cui la circonferenza è percorsa dalla Terra in un anno, ed è quella linea cui gli astronomi chiamano orbita terrestre e distinguono col nome di *eclittica*. Le saette indicano la direzione dei due moti della Terra, uno di rotazione intorno al suo asse BB, l'altro di traslazione sulla eclittica.

Il piano dell'equatore e quello dell'eclittica fanno tra loro quell'angolo costante che si chiama *obliquità* dell'eclittica rispetto all'equatore, e che è di 23° 28′ in media, o ad un dipresso la quarta parte di un angolo retto.

§ IX.

Perchè su tutta la Terra, eccetto che all'equatore e ai poli, e perchè sulla Terra in qualunque epoca dell'anno, salvo che a quella degli equinozii, i giorni non sono eguali alle notti.

40. Da tutto ciò che si è detto e dimostrato nei numeri precedenti si è potuto stabilire essere ben fondata la congettura che la Terra giri intorno al Sole, mantenendo il suo centro sopra una linea pressochè circolare chiamata eclittica.

Ho detto poc'anzi che l'equatore della Terra è inclinato sul piano dell'eclittica, ed ora proverò che questa inclinazione ed il congetturato moto della Terra intorno al Sole bastano a rendere ragione della diversa durata dei giorni e delle notti.

41. L'anno si divide in quattro stagioni: *Primavera, Estate, Autunno* e *Inverno*. Questo fatto si

collega intimamente colla diversa durata del giorno, sicchè ne troveremo la ragione nella spiegazione stessa di questa diversa durata.

42. Osservate la figura 10. *S* è il Sole, lontanissimo dalla Terra che è raffigurata nel circolo *PEP'E'*. La *OS* è una retta che passa per i loro centri e può quindi rappresentare di profilo o in proiezione il piano dell'orbita terrestre.

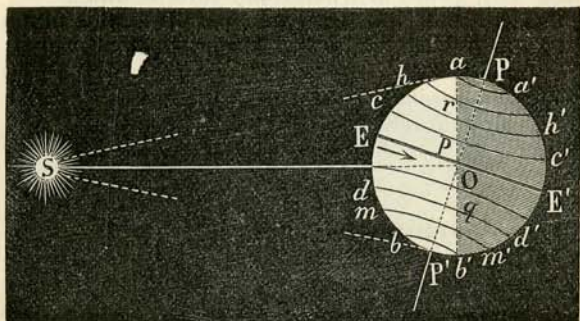



Fig. 10.

L'equatore *EE'* è inclinato a questo piano e per conseguenza ad esso piano inclinato è pure l'asse di rotazione della Terra.

Il mezzo circolo superiore *EPE'* appartiene all'emisfero nord della Terra, l'inferiore appartiene all'emisfero sud; a destra della linea o del diametro *ab'* è l'emisfero oscuro, quello che ha notte; a sinistra quello per il quale è giorno.

Studiamo bene la configurazione presentataci dal disegno. Ecco: la Terra ruota nel verso della freccia: vedete voi i punti *h*, *c?* Essi, durante il

giorno, percorrono ciascuno un arco di cui *hr*, *cp* sono le rispettive metà e di notte percorrono ciascuno un arco più grande di cui *rh'*, *pc'* sono pure le rispettive metà; in altri termini, nella raffigurata posizione della Terra, i luoghi *h*, *c* dell'emisfero boreale hanno i giorni più brevi delle notti.

Che cosa avviene intanto per l'emisfero australe? Precisamente il contrario, giacchè i luoghi *m*, *d* di esso, la semplice ispezione della figura ne persuade, hanno i giorni più lunghi delle notti.

43. Ho detto poco fa che i due piani dell'equatore e dell'eclittica sono inclinati l'uno rispetto all'altro, che per conseguenza l'asse di rotazione, ossia l'asse polare della Terra, è pur esso inclinato al piano dell'eclittica.

La misura dell'inclinazione dell'asse polare è, naturalmente, in necessaria relazione coll'*obliquità* dell'eclittica, e questa essendo invariabile (o almeno potendosi in queste nozioni elementari ritener come tale), anche l'inclinazione dell'asse di rotazione è sempre eguale a sè stessa. Ma nello stesso tempo, ed è facile intenderlo, il circolo di illuminazione della Terra, rappresentato nel disegno da *ab'*, è sempre perpendicolare al piano dell'eclittica, rappresentato in proiezione da *SO*. Ne segue che l'asse di rotazione *PP'* non può mai fare in nessun caso col piano del circolo d'illuminazione un angolo maggiore di quello che l'equatore fa coll'eclittica, mentre può benissimo in certi casi, che avremo occasione di esaminare un po' più innanzi, trovarsi in quel piano stesso.

Pertanto, posto che nella configurazione rappresentata nel disegno si supponga che l'angolo della linea *aO* colla retta *OP* sia il massimo, cioè eguale all'obliquità dell'eclittica, la posizione della Terra

nel disegno considerata si riferisce a quel punto del ciclo annuale in cui cade per noi il giorno più corto, seguito dalla più lunga notte, punto che dicesi *Solstizio d'inverno* (1) per il nostro emisfero, e che evidentemente per l'emisfero opposto rappresenta invece il *Solstizio d'estate.*

Noi vedremo fra poco che una seconda posizione, simile e simmetrica a quella or ora considerata, corrisponde per noi all'epoca della massima durata del giorno, e per l'emisfero opposto all'epoca della sua durata minima.

Intanto che cosa avviene ai poli della Terra? La figura lo mostra: entro un piccolo spazio intorno al polo P nord, compreso nel circoletto aa', ossia sulla calotta polare $aa'P$, si ha notte per tutte le 24 ore del dì che consideriamo; si ha giorno invece per tutte le 24 ore entro uno spazio eguale, compreso nel circoletto bb', intorno all'altro polo P', ossia sulla calotta polare australe $bb'P'$.

44. Lo studioso può qui, osservando attentamente la figura 10, persuadersi che, qualunque sia l'angolo compreso fra la linea Oa e la retta OP (che sappiamo variar soltanto tra zero e il valore dell'obliquità), l'equatore resta pur sempre diviso per metà dal circolo d'illuminazione proiettato in ab', e che per conseguenza un paese situato sull'equatore deve aver sempre, come ha infatti, il giorno eguale alla notte.

45. Fra le varie giaciture che si potrebbero colla fantasia attribuire all'asse di rotazione, vi sarebbe quella per cui riuscisse perpendicolare al piano proiettato in SO, fig. 10, dell'eclittica. Ma oltre che quest'ipotesi non risponde ai fatti testè

(1) La parola solstizio deriva da *Solis statio*, cioè fermata del Sole.

dimostrati, essa cade tosto da sè appena si rifletta un momento alle conseguenze che avrebbe per noi questa ipotetica condizione di cose.

Se essa infatti corrispondesse alla realtà, tutti i luoghi della Terra, percorrendo nella rotazione

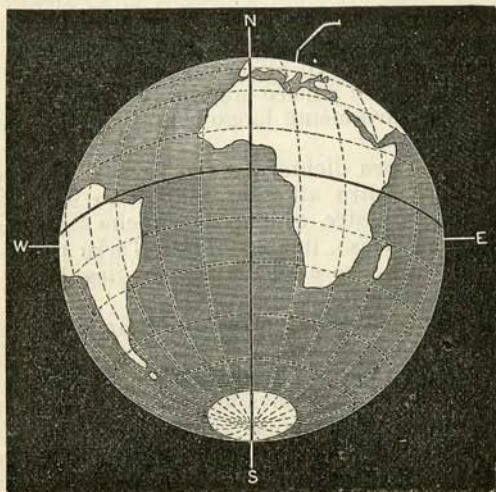



Fig. 11.

diurna dei circoli divisi per mezzo da quello d'illuminazione, avrebbero costantemente i giorni e le notti di egual durata, cioè a dire sempre una stessa stagione simile a quella che oggi si ha in primavera ed in autunno. Ne deriverebbe una uniforme e graduale variazione di climi dall'equatore ai poli, temperandosi alquanto gli ardori dei paesi

vicini ai tropici, e mitigandosi i freddi delle regioni prossime ai poli per la presenza del Sole sugli orizzonti polari in ogni giorno dell'anno, ne deriverebbe che le zone temperate non fruirebbero più dei calori canicolari a cui la nostra vegetazione va debitrice della sua rigogliosità.

Benchè l'eguaglianza del giorno e della notte al 22 di marzo e al 22 settembre sia un fatto che si potrebbe anche spiegare supponendo l'asse terrestre perpendicolare all'orbita della Terra, questa supposizione non è però ammissibile, perchè darebbe necessariamente luogo a fatti che in realtà non avvengono.

46. Debbo ora dichiarare che l'asse di rotazione della Terra, oltre all'essere inclinato sul piano dell'orbita terrestre, si mantiene anche sempre parallelo a sè stesso, intanto che la Terra ruota intorno ad esso asse e ad un tempo gira lungo la sua orbita intorno al Sole.

Possiamo noi stessi verificare facilmente questo importante fatto.

La Terra ruota, lo dimostrammo, intorno a sè medesima e la sua rotazione produce il moto apparente diurno della vôlta celeste. Rotatorio è il moto reale della Terra, rotatorio quindi dev'essere il conseguente moto apparente della vôlta celeste.

La rotazione reale della Terra si fa intorno ad un asse (asse polare o terrestre), e intorno ad un asse (asse celeste) deve farsi pure la rotazione apparente del cielo.

Ruotando la Terra, tutti i suoi punti descrivono circoli perpendicolari al suo asse di rotazione tranne due, i poli terrestri, che rimangono fermi, e lo stesso deve avvenire apparentemente del cielo; tutti i punti di questo devono apparentemente de-

scrivere circoli perpendicolari all'asse celeste, due soli esclusi i quali rimangono fermi e che per analogia dovran dirsi i poli del cielo. E poichè la rotazione apparente del cielo è determinata dalla rotazione reale della Terra, l'asse della rotazione apparente celeste deve essere determinato da quello della rotazione reale terrestre; e poichè il cielo abbraccia e chiude da ogni parte la Terra, l'asse celeste non può essere altro che l'asse terrestre prolungato, e dove quest'asse prolungato tocca la vôlta apparente del cielo debbono esservi i poli celesti.

Tutte queste cose sono letteralmente confermate dai fatti.

Osserviamo il cielo per una notte intera, e vedremo appunto le sue stelle percorrere altrettanti circoli paralleli fra di loro e tutti perpendicolari alla direzione dell'asse terrestre prolungato. Osserviamolo meglio, e vedremo nei paesi nostri alto sul nostro orizzonte circa 45 gradi, mezz'angolo retto, un punto del cielo che rimane fermo tutta la notte; è uno dei poli celesti, il polo nord.

Per fortuna vicinissima a questo polo v'è una stella lucida, facilmente riconoscibile, che appartiene alla configurazione di stelle detta costellazione dell'Orsa minore, e alla quale appunto per ciò si dà il nome di *stella polare.*

Osserviamo una, due, tre notti di seguito, osserviamo per un anno intero il cielo, e vedremo ogni notte il polo celeste nord nella stessa posizione rispetto alla stella polare, e, poichè questa è una stella fissa, dedurre ne dobbiamo che il polo celeste nord, determinato come già dicemmo dal prolungamento dell'asse polare terrestre, non solo non si muove col moto apparente e di ogni giorno della vôlta celeste, ma per tutto l'anno corrisponde

allo stesso punto dello spazio e in quello resta immobile (1).

Questo fatto deve giungere inaspettato al lettore che riflette. Detto abbiamo che la Terra ruota intorno ad un suo asse, e che contemporaneamente ed incessantemente si sposta con grande velocità nello spazio. Se la terra cambia di posizione nello spazio, anche il suo asse polare cambiar deve la sua posizione nello spazio; e poichè in ogni istante l'asse polare terrestre determina l'asse celeste, cambiare deve di posizione nello spazio anche l'asse celeste; e poichè i due poli del cielo sono determinati dall'asse celeste, anch'essi cambiare devono di posizione in cielo.

Il fatto ci avverte invece che e l'uno e l'altro polo celeste durante un anno non mutano punto di posto. Ora come mai questo avviene?

Avviene per le due ragioni seguenti: primo, perchè la vôlta celeste è a distanza infinitamente grande dalla Terra, tanto grande che rispetto ad essa il diametro dell'orbita percorsa dalla Terra attorno al Sole può considerarsi come una quantità trascurabile, come un punto; secondo, perchè l'asse della rotazione terrestre si sposta bensì con la Terra incessantemente nello spazio ma rimane sempre parallelo a sè stesso, ossia prende posizioni successive le quali tutte sono parallele fra loro.

47. È un fatto importantissimo, come già dissi, questo del *parallelismo* dell'asse polare della Terra nei diversi luoghi dello spazio da questa occupati

(1) Si fa qui astrazione dal moto proprio delle stelle fisse e dal moto del polo ogni anno piccolissimo, moti che diventano percettibili solo dopo osservazioni prolungate per decine e centinaia d'anni.

successivamente, e senza di esso non potrebbe spiegarsi così semplicemente come si fa la varietà delle stagioni, l'ordine della loro successione, la loro dipendenza dalla variabile durata del giorno.

48. Nella figura 10 il Sole era rappresentato alla sinistra della Terra, nella figura 12 è invece alla destra, e ciò perchè nel frattempo la Terra ha compiuto un mezzo giro intorno al Sole.

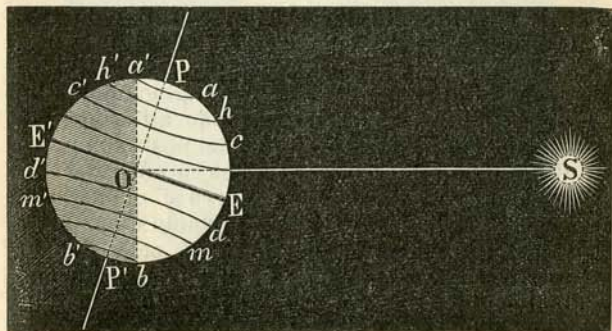



Fig. 12.

Poniamo le figure 10 e 12 di fronte; esse rappresentano due posizioni prese dalla Terra a sei mesi d'intervallo, ed in esse le due linee PP' sono parallele fra di loro, e tali sono disegnate appunto per quello che si è appena dimostrato, che cioè l'asse della rotazione terrestre, in qualunque punto dell'orbita si consideri la Terra, è sempre parallelo a sè stesso.

Vediamo ora che cosa succede: adesso, fig. 12, nell'emisfero settentrionale gli stessi punti h, c,

prima considerati nella fig. 10, percorrono sotto la luce solare archi più grandi di quelli percorsi nella oscurità, ed hanno per conseguenza il giorno più lungo della notte. Adesso nell'emisfero meridionale i luoghi *d*, *m*, contrariamente a quanto facevano nella fig. 10, percorrono durante il giorno archi più brevi che durante la notte. Adesso la calotta attorno al polo nord nel piccolo spazio compreso entro il circolo *aa'* ha giorno per 24 ore continue, mentre ha notte di 24 ore invece lo spazio eguale che, limitato da *bb'*, circonda il polo sud.

Questa posizione della Terra, in cui la linea, *ba'*, che segna la proiezione del circolo d'illuminazione, fa di nuovo il massimo angolo (obliquità) coll'asse di rotazione, corrisponde all'estate, più precisamente al *solstizio estivo* del nostro emisfero e al solstizio d'inverno dell'emisfero australe.

Fra questa posizione della Terra e quella rappresentata nella figura 10 v'è pertanto un assoluto contrasto; lo stato cioè delle cose è nelle due figure invertito, come invertite sono le condizioni climatologiche che noi esperimentiamo nelle due stagioni d'inverno e d'estate.

Riflettete bene alla differenza fra le nostre condizioni climatologiche in queste due epoche dell'anno ed esaminate di nuovo le figure 10 e 12.

L'asse terrestre inclinato sul piano dell'orbita della Terra dovendo in ogni punto di essa orbita mantenersi sempre parallelo a sè stesso, fa si che nell'inverno (posizione della fig. 10) il polo nord della Terra si trova pendere dalla parte opposta al Sole, e che nell'estate (posizione della figura 12) esso si trova inclinato invece verso il Sole; ne segue che i due poli della Terra devono avere, ed hanno difatti, uno alla volta alternativamente per sei mesi giorno continuo e per sei altri mesi notte altrettanto continua.

49. Ora, con un semplice ragionamento, considerando, se vogliamo, soltanto il nostro emisfero, si può intendere come debbanvi necessariamente essere due epoche nell'anno, nelle quali tutti i luoghi della superficie terrestre indistintamente devono avere giorni e notti di uguale durata.

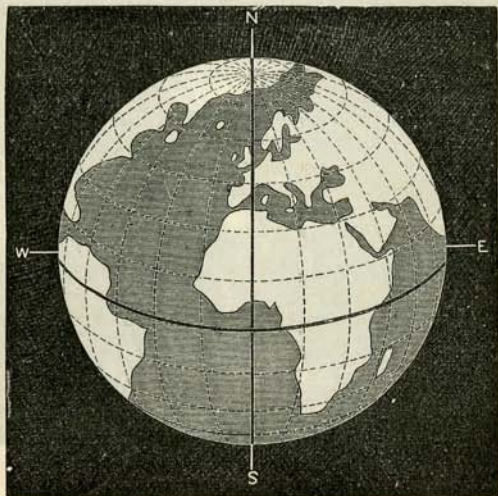



Fig. 13.

Se si deve infatti, nel giro di circa sei mesi, dalla minima lunghezza del giorno, passare gradatamente e quasi insensibilmente alla massima, se nell'intervallo stesso di tempo si deve con vece inversa passare dalla massima alla minima lunghezza della notte, è pur necessario che arrivi

quel momento in cui le durate del giorno e della notte siano eguali. E poichè il moto della Terra nella sua orbita è sensibilmente regolare e uniforme, quel momento deve cadere verso la metà fra i due solstizii: quel momento è l'*Equinozio di primavera* (22 marzo). La parola equinozio suona:

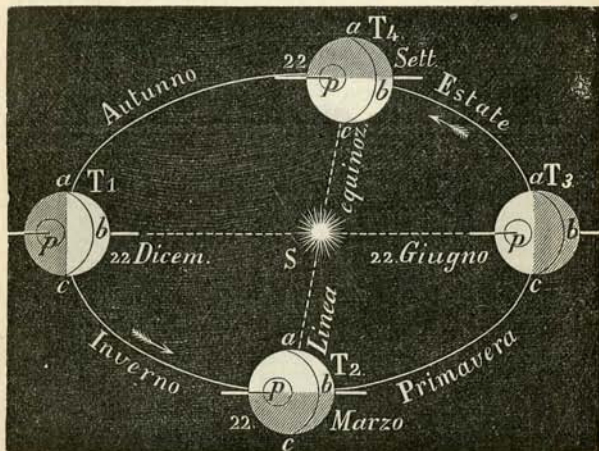



Fig. 14.

eguaglianza delle notti su tutta la Terra, e infatti in tutti i paesi della Terra (salvo che nelle immediate adiacenze dei poli) si hanno in tale epoca giorni di 12 ore e notti di 12 ore.

Una cosa simile deve accadere nel tragitto dall'estate all'inverno, ossia nella seconda metà dell'anno, quando i giorni, dopo esser stati i più lunghi, vanno decrescendo fino a raggiungere la loro

durata minima, intanto che le notti variano in modo opposto; accade infatti, e verso la metà del secondo periodo considerato dell'anno abbiamo l'*Equinozio di autunno* (22 settembre), epoca nella quale di nuovo i giorni diventano, quanto a durata, eguali alle notti.

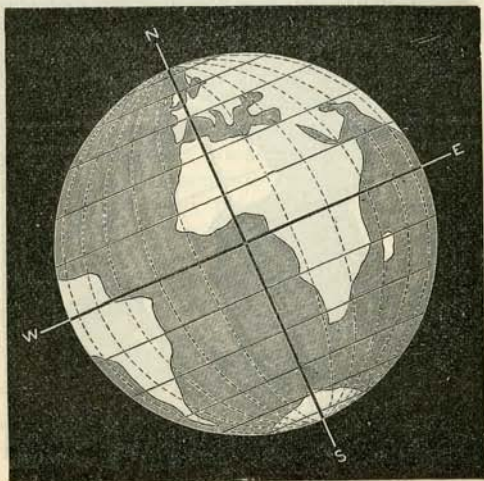



Fig. 15.

50. Riassumiamo tutto quanto si è detto fin qui e osserviamo un po' più dappresso una qualunque delle due posizioni della Terra che corrispondono agli equinozii.

Consideriamo la vicina fig. 14. La grande linea ovale è l'eclittica, sul cui piano immaginiamo di trovarci in piedi col corpo nell'emisfero nord del

cielo; essa è percorsa dalla Terra nel verso delle saette. La Terra occupa su di essa, nel disegno, le quattro posizioni caratteristiche, per dir così, del suo moto, rappresentate in T_1 T_2 T_3 T_4. In dette quattro posizioni gli assi polari terrestri sono

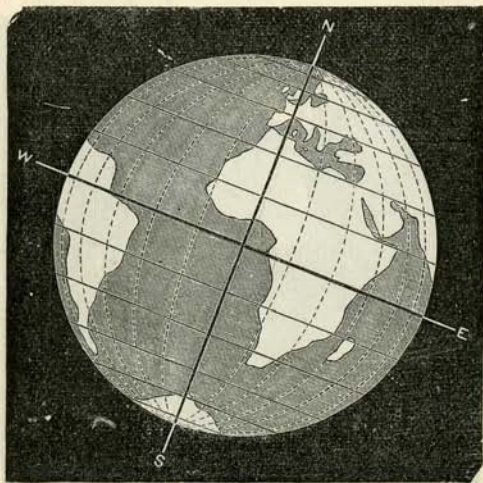



Fig 16.

inclinati al piano dell'orbita e paralleli fra di loro; il punto *p* segna il polo nord in ciascuna posizione e la linea *abc* l'equatore; vi prego di pôr mente alla giacitura del circolo d'illuminazione che divide la parte illuminata della Terra da quella in ombra.

51. Prendiamo in esame le posizioni T_2 e T_4,

che corrispondono, come si scorge facilmente, agli equinozii.

Gli assi terrestri *p*, *p* sono disposti in modo, a motivo del loro parallelismo, da giacere nel piano del circolo d'illuminazione, e questo per conseguenza passa precisamente per i poli della Terra.

Da questa condizione di cose necessariamente deriva che nelle posizioni T_2 e T_4 un punto qualunque fra l'equatore e i due poli percorre, durante la rotazione della Terra, un circolo diviso per metà da quello d'illuminazione, così come avverrebbe se l'asse polare terrestre fosse perpendicolare all'eclittica. Consegue ancora che nelle posizioni stesse il giorno e la notte durano ciascuno 12 ore in tutti i luoghi della Terra, così come si è detto al capo 49. Solo per i luoghi vicinissimi al polo boreale, nella posizione T_2 della Terra, comincia il gran giorno di sei mesi, e per i luoghi prossimi al polo sud esso finisce, mentre l'opposto accade nella posizione T_4.

Le figure 11, 13, 15, 16, rappresentano la Terra così come sarebbe veduta dal Sole nei due solstizii e nei due equinozii.

§ X.

La varia durata dei diversi giorni dell'anno è la causa delle stagioni.

52. Per potervi spiegare il fenomeno delle stagioni e più innanzi facilitarvi l'intelligenza di certi altri fatti, di cui avrò a parlarvi, mi è necessario intrattenervi alcun poco sopra talune definizioni, per le quali dovrò valermi di voca-

boli rigorosamente astronomici, ma non tutti però esclusi dal linguaggio comune e famigliare. Alcuni di essi, come verticale, zenit, meridiano, paralleli e simili non vi riusciranno anzi nuovi affatto; ciò malgrado sarà bene che prima di procedere oltre ci intendiamo chiaramente sul loro preciso significato.

53. Tutti i corpi abbandonati nello spazio a loro stessi cadono a terra; ciò si sa da tutti, anche da coloro che non ne conoscono il perchè. Una pietruzza cadendo segue una certa linea retta che porta l'appellativo di *verticale;* se la si tien sospesa mediante un filo, questo filo, che resta teso a cagion del peso del sassolino, segna appunto la *verticale* di *colui che tiene in mano il filo.*

Tutte le verticali, in qualunque contrada, città o punto della Terra, tendono, ovvero sono sensibilmente dirette verso il centro della sfera terrestre.

Prolungate indefinitamente col pensiero attraverso la Terra e lo spazio circostante la vostra verticale, dovunque vi troviate; dalla vostra parte incontrerà, per un supposto, una stella; ebbene là dove pare che tochi il cielo, è quel punto che gli astronomi chiamano *zenit;* sarebbe come a dire quel punto della vôlta celeste che è equidistante da tutti i punti del contorno del vostro orizzonte, e vi sta proprio sopra il capo, poichè voi, ritto in piedi, per legge di equilibrio, siete in posizione verticale.

La porzione della verticale, prolungata entro il corpo della Terra, ne segue un diametro, e là dove ne esce stanno i nostri *antipodi;* prolungata ancora al di là, incontra l'altro emisfero celeste in un punto ideale che si chiama *nadir,* e che è lo zenit dei nostri antipodi.

54. Se ben riflettete alla definizione che abbiamo dato di una sfera, capirete che questa può considerarsi come chiusa entro infiniti circoli, quasi come un gomitolo tondo formato da un numero grandissimo di circoli che s'intrecciano svariatissimamente sulla sua superficie.

Sulla Terra tutti i circoli uguali fra loro, che passano per i poli suoi di rotazione, che hanno per conseguenza come loro diametro comune l'asse della rotazione terrestre, chiamansi *meridiani* (1).

Se voi guardate la vôlta stellata o luminosa del firmamento, se vi immaginate un immenso circolo che passi per la stella polare (o almeno vicinissimo) e per il vostro zenit, voi avrete ideato il *meridiano celeste* che corrisponde in cielo al meridiano geografico in terra. Questo passa per i vostri piedi e per il polo del vostro emisfero, quello ne è il prolungamento per ogni verso e passa, come appena dicemmo per il polo celeste, e per il vostro zenit.

55. Un'altra parola, che dovremo in seguito usare, e questa vi riescirà nuova, è *culminazione;* significa il *passaggio* di un astro per il vostro meridiano celeste.

Gli astri tutti, nell'intervallo di circa 12 ore, sorgono all'est, s'innalzano sull'orizzonte, salgono fino ad un certo punto, ne discendono, s'abbassano ver l'orizzonte, tramontano all'ovest; precisamente nel punto più alto di questa loro corsa apparente avviene la loro *culminazione*, e poichè

---

(1) A cagione della forma alquanto schiacciata della Terra i meridiani terrestri non sono precisamente circonferenze di circoli, ma curve ovali pochissimo diverse da circonferenze di circoli. Ciò nulla cambia alle cose che qui si vanno spiegando.

questa significa passaggio per il meridiano, ne segue che a volta sua il meridiano passa per tutti i punti più alti degli archi percorsi in cielo dal Sole durante i differenti giorni, dalle stelle durante le notti.

Da voi medesimo capirete ora che la culminazione del Sole avviene all'istante preciso del *mezzodì vero*, e che è mezzanotte quando, 12 ore dopo, il Sole passa dalla parte opposta per lo stesso meridiano per il quale è passato nella culminazione di mezzodì. Questa ultima culminazione si usa chiamare *superiore*, per distinguerla da quella a noi invisibile, che si dice culminazione *inferiore*.

56. Se avete un po' studiato Geografia, saprete che cosa sono i paralleli geografici; sono circoli minori della sfera terrestre situati su piani paralleli a quello dell'equatore, ed ogni punto della superficie terrestre, ogni osservatore ha il suo parallelo.

Orbene anche la sfera celeste ha i suoi *paralleli*, e sono quei circoli che sembrano segnar la strada apparentemente percorsa in cielo dagli astri per effetto della rotazione terrestre.

Come voi avete il vostro meridiano celeste, avrete pure un parallelo celeste; e voi capite già che questo passerà per il vostro zenit, inquantochè, la Terra e il cielo essendo concentrici, tutte le verticali condotte per i punti di un parallelo terrestre segneranno in cielo un corrispondente parallelo celeste; e voi capite ancora che una stella percorre il vostro parallelo celeste quando nel suo apparente corso notturno passerà per il vostro zenit.

57. Ciò posto, se voi siete osservatore, vi sarete facilmente accorto di un fatto che accompagna il succedersi delle stagioni. Avrete cioè notato, os-

servando il Sole per alcuni giorni di seguito dopo il solstizio d'inverno (22 dicembre), che esso di giorno in giorno sale e diventa sempre più alto sull'orizzonte quando arriva al meridiano, che esso culmina cioè ogni giorno sempre più alto, e che così fa per sei mesi fino al solstizio d'estate; avrete notato ancora che, dopo quest'epoca, la sua culminazione si fa sempre più bassa, finchè trascorsi altri sei mesi, raggiunge di nuovo il suo limite inferiore.

Voi però, che abitate in Italia, non avrete mai visto il Sole culminare più vicino all'orizzonte di quel che ogni anno culmini ai 22 di dicembre, nè mai nelle sue culminazioni avvicinarsi allo zenit più di quel che ogni anno faccia ai 22 di giugno; e avrete ancora avvertito che, quando si ha da noi il giorno uguale alla notte, il Sole culmina in un punto del cielo che giace a metà distanza fra quello a cui corrisponde la culminazione più alta, e quello a cui corrisponde la più bassa.

Nel nostro emisfero l'estate comincia nel giorno in cui avviene la culminazione più alta del Sole, l'inverno quando ha luogo la sua culminazione più bassa; nel discendere dalla più alta alla più bassa, il Sole passa necessariamente per una culminazione media fra le due; nel salire dalla più bassa alla più alta fa altrettanto; ad una delle due culminazioni medie principia l'autunno, all'altra comincia la primavera.

58. V'ha pertanto un rapporto necessario fra l'altezza meridiana del Sole, la durata del giorno e le stagioni. Esaminiamolo bene ed attentamente.

Noi chiamiamo giorno il periodo di tempo durante il quale il Sole è visibile sopra l'orizzonte, ossia il periodo compreso fra il suo nascere e il suo tramontare. Ora, man mano che i giorni, a partire

dall'equinozio di primavera, si vanno allungando, il Sole rimane sempre più sui nostri orizzonti e tanto meno per conseguenza sugli orizzonti dei luoghi dell'altro emisfero.

Ne segue che il calore solare, a cui noi dobbiamo lo sviluppo della vegetazione e d'ogni vita terrestre, va, a partire dall'equinozio di primavera, accumulandosi alla superficie del nostro emisfero, e ciò per due ragioni; prima perchè il suolo non ha tempo sufficiente a perdere, durante la notte, tutto il calore assorbito durante il giorno, poi perchè sopraggiunge il domani e il grande astro altro calore irradia.

Ne segue ancora che, a partire dall'equinozio di primavera, noi esperimentiamo temperature ognora crescenti, caldo sempre maggiore finchè raggiungiamo l'estate, i cui calori più intensi (appunto per il calore assorbito dal suolo e in seguito da esso irradiato) non coincidono coi giorni più lunghi, ma li seguono sempre di alcune settimane.

Reciprocamente, quando nel nostro emisfero i giorni s'accorciano e le notti s'allungano, quando il rovescio accade nell'emisfero australe, noi vediamo il Sole soggiornare sempre minor tempo sul nostro orizzonte, il nostro suolo perdere di notte sempre maggior calore, finchè arriva il momento in cui esso si raffredda di notte più di quel che durante il giorno si scaldi: abbiamo allora l'inverno.

59. La primavera comincia all'equinozio di primavera e non ai 22 di dicembre giorno a partire dal quale il Sole prende a culminare più e più alto; comincia all'equinozio perchè appena nei giorni dell'equinozio di primavera va stabilendosi un certo equilibrio fra il calore perduto dal suolo

e quello solare ricevuto, e perchè solo allora l'acquisto giornaliero di calore supera più e più la perdita.

L'autunno, per la ragione inversa, principia all'equinozio di autunno e non ai 22 di giugno; a quell'epoca (equinozio d'autunno) il punto in cui il Sole culmina comincia ad abbassarsi molto sensibilmente lungo il meridiano, i giorni notevolmente si accorciano e sempre minor quantità di calore è irradiata dal Sole verso il nostro emisfero; le notti più e più lunghe lasciano maggior tempo al suolo di raffreddarsi e la temperatura decresce.

In primavera la natura si risveglia dopo l'assopimento invernale; in autunno essa ha quasi esaurite le sue forze, e si prepara al suo sonno; come l'uomo, dopo la sua giornata di lavoro, la natura si abbandona al necessario riposo.

60. Consideriamo un'altra causa che influisce assai sul carattere delle varie stagioni.

Non trovate voi, almeno sotto un certo punto di vista, qualche analogia fra il giorno e l'anno? V'aiuterò a scoprirla.

Al mattino e alla sera il Sole è basso, cioè vicino al lembo dell'orizzonte; esso è al principio e alla fine della sua carriera diurna; il calore da esso irradiato è meno intenso che a metà della giornata; al mattino e verso sera i raggi solari arrivano obliqui rispetto all'orizzonte, e perciò sono meno cocenti e riescono anche più sopportabili alla vista. Così è dell'anno.

Quand'è infatti che il Sole sta più basso sui nostri orizzonti? Appunto poco dopo la metà di dicembre, quando finisce e principia l'anno solstiziale; allora i raggi solari ci arrivano molto obliqui, e in certo modo sfiorando il suolo non vi penetrano; il terreno e l'atmosfera non assorbono che pochis-

simo calore; bassa è la temperatura; fa freddo.

Grado grado il Sole nei successivi mezzodì va culminando più alto; esso sale per così dire in cielo ogni giorno più, fino a raggiungere, il dì del solstizio d'estate, la sua altezza massima sull'orizzonte; allora i suoi raggi son quasi verticali; dardeggiano cocenti; grande è il riscaldamento del suolo e dell'atmosfera; è estate; fa caldo; è il mezzogiorno dell'anno.

61. Non posso a meno di compiere colle poche seguenti considerazioni lo studio delle fasi del moto della Terra intorno al Sole, in quanto esse servono a gettar luce sopra parecchie quistioni della geografia fisica del nostro globo.

Fissate lo sguardo sulla figura 17 qui di contro, e seguite attentamente la mia dimostrazione.

Il cerchio più grande rappresenta il vostro meridiano celeste, ed esso, voi lo sapete, accompagna la Terra nel suo moto lunghesso l'eclittica qui rappresentata dalla linea *SS'*. Il luogo che voi occupate nell'emisfero nord sia *z*; sarà (capo 53) *Z* il vostro zenit, sarà in proiezione *zz'* il vostro parallelo terrestre, sarà *zZ* la vostra verticale, avrete nella linea *ZZ'* rappresentato sempre in proiezione il parallelo celeste che gli corrisponde. Ricordatevi quello che si è detto nella seconda parte nel capo 53; il vostro orizzonte sarà nella figura che abbiamo sott'occhio rappresentato dalla retta *OO'* perpendicolare alla *CzZ*.

L'asse di rotazione *pp'*, comune alla Terra e alla sfera celeste, è inclinato (di 66° 32') sull'eclittica; ne segue che questa resta per la metà *CS* sopra e per la metà *CS'* sotto il vostro orizzonte.

Il Sole *sembra*, nel corso di 6 mesi, percorrere nell'uno o nell'altro verso i punti successivi della linea *SS'*, e percorrere insieme ogni dì il parallelo

corrispondente al punto in cui si trova. Così quando è in *S* percorre il parallelo proiettato in *SA*, che ha per corrispondente sulla Terra il parallelo proiettato in *sa*, detto *tropico del Capricorno*; quando

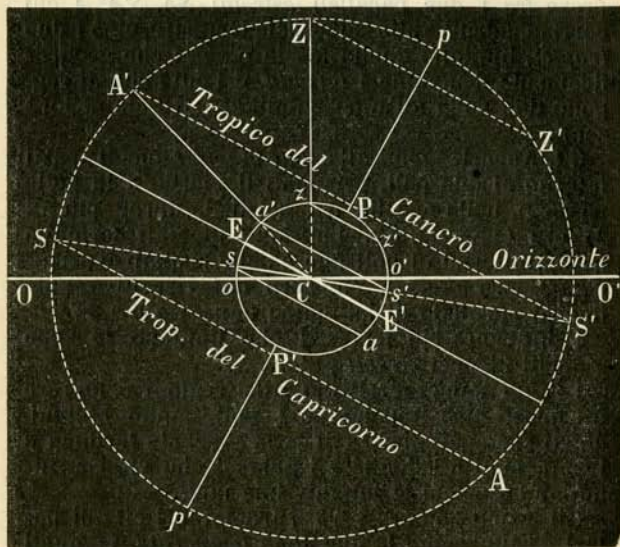



Fig. 17.

si trova in *S'*, percorre il parallelo proiettato in *S'A'*, a cui pur corrisponde sulla Terra l'altro parallelo proiettato in *a's'*, detto *troprico del Cancro;* quando è in *C*, percorre l'equatore. Ne deriva che al solstizio d'inverno il Sole culmina allo zenit degli abitanti del tropico del Capricorno; all'altro

solstizio culmina allo zenit degli abitanti del tropico del Cancro; agli equinozii passa allo zenit di chi si trova sull'equatore.

62. La zona pertanto dei 365 paralleli celesti percorsi dal Sole nel corso di un anno è compresa fra i due paralleli estremi *SA*, *S'A'*, i cui corrispondenti sulla superficie terrestre, cioè i due *tropici*, limitano quella fascia o *zona* che geograficamente denominasi *torrida*, e i cui abitanti veggono due volte all'anno culminare il Sole al loro zenit.

63. Appartengono alle *zone glaciali* quegli spazii intorno ai due poli, nei quali il giorno e la notte possono, nelle epoche dei solstizii, durar più di 24 ore (capi 43, 48). Le zone glaciali formano quindi attorno ai poli due calotte le quali si estendono sopra ciascun emisfero dal rispettivo polo fino al parallelo di latitudine uguale a 66° 32'.

I due paralleli terrestri che limitano le zone glaciali diconsi *circoli polari*.

I raggi solari arrivano, alle regioni comprese fra questi circoli polari e i poli, molto obliqui, dotati per conseguenza di poca efficacia termica e insufficienti a sciogliere i ghiacci che vi si accumulano durante le lunghissime notti.

Gli spazii compresi fra i tropici e i circoli polari costituiscono le due *zone temperate*, le quali si estendono quindi, su ciascuno dei due emisferi, dalla latitudine di 23° 28' a quella di 66° 32', e sono dette temperate perchè sono egualmente lontane e dagli eccessi di calore della zona torrida, e da quelli di freddo delle zone glaciali.

§ XI.

Come si spiega il movimento apparente del Sole attraverso le costellazioni dello zodiaco.

64. Ho mostrato nei precedenti paragrafi che il fenomeno del moto annuo apparente di tutta la sfera stellata e quello delle stagioni si spiegano completamente col moto della Terra intorno al Sole. Di questo fatto possiamo procurarci un'altra preziosa prova, osservando le successive posizioni del Sole nel cielo di mese in mese. Con quest'ultima osservazione chiuderò questa parte del nostro manualetto, che tratta dei movimenti della Terra.

65. Non avete voi mai letto negli almanacchi in capo all'effemeride di ciascun mese, le proposizioni: il Sole entra in Aquario, il Sole entra in Toro, e simili? Che cosa significano queste espressioni? Attestano un fatto apparente che l'illusione dei sensi, la quale mai da noi si scompagna, ci fa prendere per una realtà.

L'insieme dei corpi celesti, o pianeti, che girano attorno al Sole, fra i quali figura la nostra Terra, è ben poca cosa se lo si considera in rapporto all'immensità degli spazii stellari.

Questo insieme o gruppo di terre illuminate e riscaldate dal Sole è infatti circondato ad una distanza sterminata da un numero incalcolabile di corpi luminosi che noi chiamiamo volgarmente stelle.

Le stelle sono in realtà disseminate nello spazio a distanze svariatissime le une dalle altre, ma sembrano al nostro occhio appartenere alla vôlta

celeste e formare sovr'essa degli aggruppamenti di varia forma, aggruppamenti caratteristici ai quali gli astronomi fin dall'antichità più remota diedero il nome di *costellazioni.*

Or aggiungerò che i pianeti, mentre percorrono le loro orbite intorno al Sole, a chi li guarda dalla Terra paiono muoversi tutti entro una zona determinata del firmamento; che questa zona fu, per la prima forse, divisa in costellazioni; che queste costellazioni furono dodici ed ebbero i seguenti nomi: *Aquario, Pesci, Ariete, Toro, Gemelli, Cancro, Leone, Vergine, Libra, Scorpione, Sagittario* e *Capricorno.*

La zona stellare percorsa dai pianeti, ed or ora definita, è larga poco più di $1/_{20}$ di circonferenza, è divisa per metà dal piano dell'orbita terrestre esteso indefinitamente per ogni verso, e fu chiamata *zodiaco.*

Essa è tutta occupata dalle dodici costellazioni dette appunto dello zodiaco, e queste si succedono l'una all'altra senza interruzione e per modo che, a chi stesse sul Sole, la Terra apparirebbe stanziare durante un mese ed in un mese attraversare una delle dodici costellazioni zodiacali, così come, a chi sta sulla Terra, il Sole appare ogni mese percorrere la costellazione dello zodiaco diametralmente opposta a quella che essa Terra percorrerebbe se vista dal Sole.

Egli è perciò che osservando e riconoscendo quale delle costellazioni zodiacali culmini a mezzanotte il primo di d'ogni mese si può dedurre qual'è quella in cui vedrebbesi culminare il Sole a mezzodì, se i raggi solari non rendessero invisibili le stelle col loro preponderante fulgore; ed è questa ultima costellazione appunto quella che si trova accennata negli almanacchi e nei calendarii,

per una usanza ereditata dagli astrologhi, i quali ammettevano, come ognuno sa, una certa relazione fra gli avvenimenti umani, la sorte degli uomini e le posizioni degli astri.

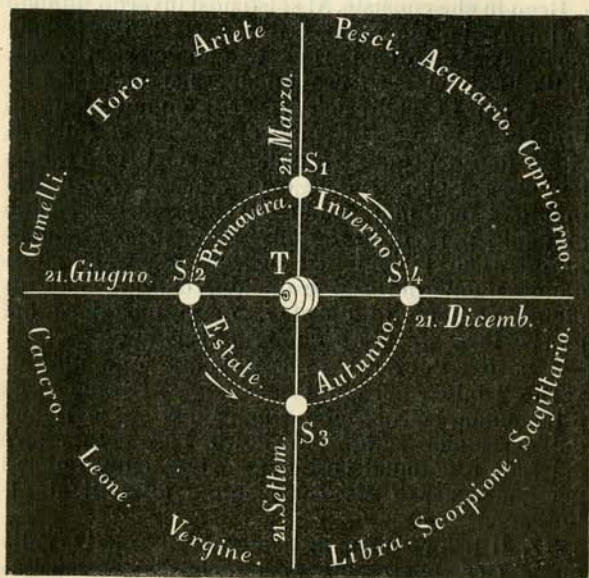



Fig. 18.

Tuttociò vi sarà chiaro se osservate la fig. 18, nel cui mezzo in T sta la Terra, e nella quale, per conformarci a quanto il senso rileva, fu collocato il Sole sulla sua orbita apparente $SS_1\ S_2\ S_3$ intorno alla Terra.

66. L'apparente trasportarsi del Sole lungo una linea del cielo che attraversa la fascia dello zodiaco, è cagione di un fatto su cui richiamo la vostra attenzione, perchè collegato colla varia lunghezza del giorno.

Ecco in che consiste. Al solstizio d'inverno, quando i giorni sono più brevi, il Sole sorge sull'orizzonte verso l'est da una parte e tramonta verso l'ovest dall'altra, non però esattamente nei punti est ed ovest, ma in punti dell'orizzonte situati alquanto più verso il sud. Da quell'epoca, senza interruzioni, fino a primavera e fino al solstizio d'estate, i punti, nei quali il Sole ogni giorno sorge e tramonta, vanno man mano avvicinandosi ciascuno al punto nord dell'orizzonte, e insieme va sempre anticipando l'istante del nascere del Sole, ritardando quello del suo tramonto, ciò che naturalmente cagiona la durata sempre maggiore del giorno in confronto a quella della notte.

A partire dal solstizio d'estate fino a quello d'inverno, i punti, nei quali ogni giorno il Sole sorge e tramonta, retrocedono sempre più verso il sud dell'orizzonte, sempre più ritarda l'ora del nascere del Sole e anticipa l'ora del suo tramonto, i giorni per conseguenza si accorciano e le notti si allungano.

67. Il lettore consulti adesso la figura 19, nella quale OO' rappresenta l'orizzonte di uno spettatore M che ha per zenit il punto Z; $s''s'$ rappresenta l'eclittica; S', S sono le proiezioni dei punti dell'orizzonte nei quali rispettivamente sorge il Sole al solstizio d'inverno e al solstizio d'estate; $s''s'''$, ss' rappresentano i paralleli celesti che il Sole rispettivamente percorre all'una e all'altra di quelle due epoche, e che abbracciano per conseguenza tutti i paralleli ch'esso percorre nel corso del-

l'anno; il semi-arco che si proietta in $S's''$ è il semi-arco diurno percorso dal Sole nel solstizio d'inverno; il semi-arco che si proietta in Ss rappresenta il semi-arco diurno percorso dal Sole nel solstizio d'estate.

Appare dalla figura che il semi-arco $S's''$ è molto più breve del semi-arco Ss, che il punto S' è più vicino al punto sud dell'orizzonte, che il punto S è più vicino al punto nord, cose tutte le quali permettono al lettore di verificare facilmente sul disegno quanto si è enunziato nel capo o numero precedente, e di persuadersi ancora che le posizioni, prese durante l'anno dal Sole al suo nascere ed al suo tramonto, oscillano sul lembo dell'orizzonte intorno a due punti fissi intermedii, che sono i punti di *vero Est* e di *vero Ovest* (proiettantisi amendue nel punto M della figura), nei quali il Sole si leva e tramonta agli equinozii.

§ XII.

Le stelle e il loro moto diurno apparente quali si osservano da varii luoghi della Terra.

68. Abbiamo veduto quali conseguenze il moto di rotazione della Terra produca rispetto al Sole per abitanti situati ai poli, sull'equatore, e fra quelli e questo in ciascun emisfero terrestre. Ora ci conviene studiare le conseguenze stesse per rispetto alle stelle.

Avrete certamente avvertito che le stelle percorrono apparentemente in cielo degli archi paralleli fra loro ed egualmente inclinati per un istesso orizzonte. Non dovete credere che questa inclina-

zione sia la stessa per qualunque luogo della Terra; essa varia a seconda del luogo che si considera, a seconda, in altra parola, della latitudine del luogo dell'osservatore.

Se sapeste che il Sole è una stella come tutte le altre, ciò che però non vi ho per anco dimostrato, ne trovereste da voi medesimi la ragione. Infatti il Sole, essendo una stella, deve presentarci le medesime apparenze di ogni altra stella del cielo, modificate solo dall'effetto che sovra esse ha il moto di rivoluzione della Terra nella propria orbita.

L'effetto non è grande, e consiste solo in ciò che il Sole, come or ora si è visto, non si leva e non tramonta mai due giorni di seguito negli stessi punti dell'orizzonte per nessun paese della Terra; laddove le stelle cambiano bensì di giorno in giorno l'ora del loro levare e del loro tramonto, ma il luogo in cui appaiono sull'orizzonte e scompaiono sotto di questo, è sempre lo stesso per ciascuna di loro.

69. Troverete però un'analogia fra il Sole e le stelle in questo, che a quel modo che il Sole quando percorre in cielo paralleli settentrionali si leva assai prima che quando corre per paralleli meridionali, così, di tutte le stelle che trovansi sopra un medesimo meridiano celeste, che in tal caso chiamerò *circolo orario*, le prime a spuntare sull'orizzonte son quelle che appartengono all'emisfero nord del cielo, le ultime quelle che appartengono all'emisfero sud. Lo mostra benissimo qui contro la fig. 19 che ora vi spiego.

La Terra, e voi con essa, punto impercettibile della gran sfera del cielo è in M; Z è il vostro zenit, OO' rappresenta il vostro orizzonte; P, P' sono i poli di rotazione della vôlta stellata; $PSS'P'$

è la proiezione di un circolo orario, ossia di un circolo che nella rotazione verrà a coincidere per un istante col vostro meridiano *PZOP'*. Su di esso

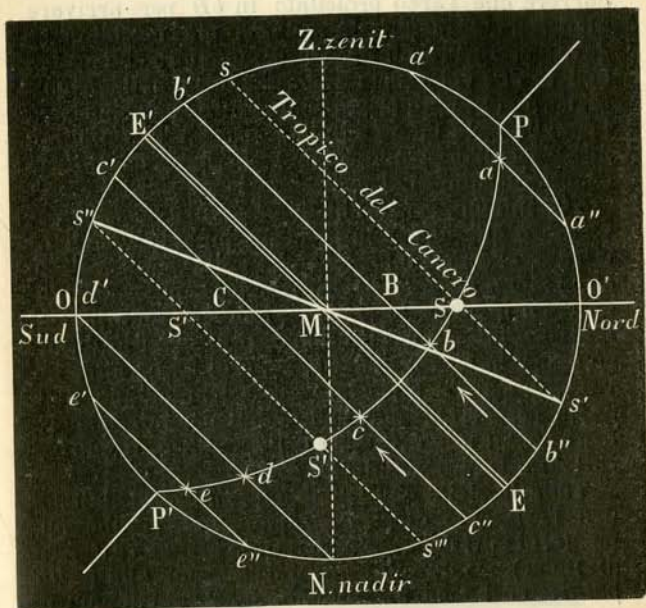



Fig. 19.

circolo orario notate le crocette *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, che figurano altrettante stelle.

A sinistra della figura trovandosi la plaga meridionale dell'orizzonte, a destra quella settentrionale, le stelle percorrono in cielo i rispettivi pa-

ralleli nel verso indicato dalle frecce e colla velocità angolare uniforme di $^1/_{24}$ di circonferenza (15 gradi) in un'ora.

Voi vedete tosto che la stella *b* non ha a percorrere che l'arco proiettato in *bB* per arrivare all'orizzonte, mentre la stella *c*, più meridionale, deve percorrere un arco ben maggiore che proiettasi in *cC*; voi vedete ancora che la stella *b* culminerà nel punto *b'* più vicino allo zenit che non la stella *c*, la quale culmina in *c'* a ben minore altezza sull'orizzonte e che si la stella *b* come la *c* culmineranno nel medesimo istante di tempo.

70. Intanto, senza abbandonar la figura, osserviamo, e questo per noi che abitiamo la zona temperata, che non tutte le stelle della sfera celeste ci possono essere visibili. Alcune troppo meridionali, ad esempio la stella *e*, non arrivano fino al nostro orizzonte e culminano, il disegno lo dimostra per la stessa stella *e*, sotto di esso; altre invece, quasi a compensarci, non tramontano mai, ossia percorrono paralleli situati per intero sopra l'orizzonte; tale è il caso della stella *a*, il cui parallelo è rappresentato da *a'a''*.

Tutte le stelle che rimangon sempre visibili sopra l'orizzonte diconsi *circumpolari*, perchè appunto, al pari delle stelle dell'Orsa Maggiore (Carro di Boote), sembrano aggirarsi intorno alla *stella polare*, così come appare dalla fig. 20 qui di contro. Esse hanno quindi due culminazioni, entrambe visibili, una superiore in *a'* (fig. 19) tra il polo e lo zenit, una inferiore in *a''* tra il polo e l'orizzonte settentrionale.

Ripeto che tutto quanto è detto fin qui va inteso per paesi della Terra giacenti tra l'equatore e i poli; ora vedremo come vanno le cose per un osservatore collocato o sull'equatore o sui poli.

71. Io vi pongo dapprima sott'occhio la figura 21, che si riferisce al caso di un osservatore al polo nord. Egli ha per zenit la stella polare e per orizzonte l'equatore rappresentato da *OEE'O'*.

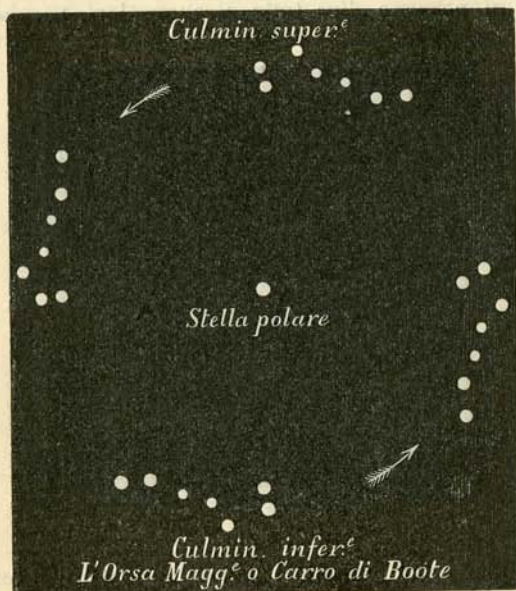



Fig. 20.

Anzitutto per questo osservatore, abitante del nostro polo, qualunque stella *a*, *b* si consideri, nè mai sorge, nè mai tramonta, ma, circolando essa parallelamente all'equatore, si muove in giro conservandosi ad una altezza costante sull'orizzonte;

in secondo luogo a lui non sono visibili che le stelle aventi i loro paralleli nell'emisfero nord; le altre, come la stella *b*, gli rimangono sempre invisibili, perchè situate sempre al di sotto del suo orizzonte che è l'equatore. Per lui le stelle visibili si possono dire tutte circumpolari, perchè è

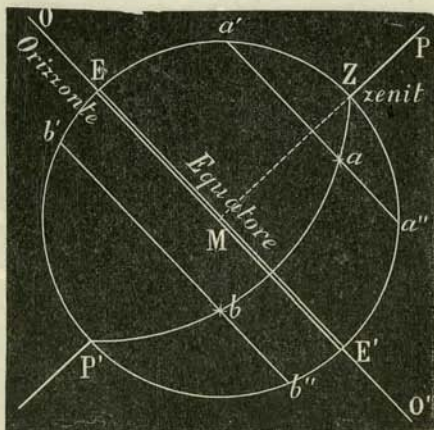



Fig. 21.

manifesto che la stella polare è il centro dei circoli ch'esse descrivono.

Ad un osservatore situato sull'altro polo diventano manifestamente invisibili invece le costellazioni settentrionali; egli vede circolare tutte le stelle del cielo australe in circoli paralleli al suo orizzonte ed aventi come centro comune il suo zenit. Questo zenit però non è per lui determinato da nessun astro importante, perchè il cielo au-

strale non ha nelle vicinanze del polo alcuna stella. che si possa comparare per splendore alla nostra stella polare.

72. Passiamo all'ultima combinazione, rappresentata nella seguente fig. 22. L'osservatore trovasi sull'equatore terrestre, il suo zenit *Z* giace nel piano dell'equatore stesso ed il suo orizzonte

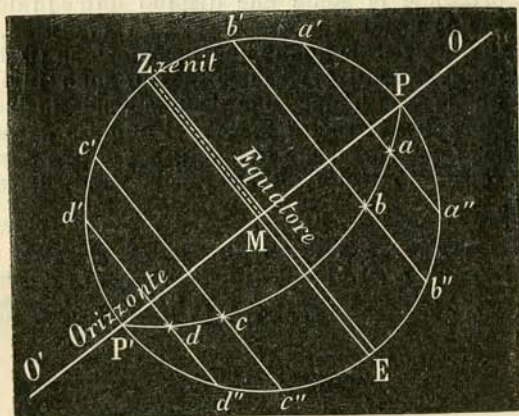



Fig. 22.

OO' passa per i poli *P*, *P'*. È facile riconoscere che i paralleli di tutte le stelle, come *a*, *b*, *c*, *d*, sono divisi per metà dall'orizzonte del nostro osservatore e giacciono in piani ad esso orizzonte perpendicolari.

Da ciò consegue che qualsivoglia abitante situato sull'equatore vedrebbe ogni notte dell'anno presso l'orizzonte la stella polare, se questa oc-

cupasse precisamente il luogo del polo; che inoltre tutte le altre costellazioni dei due emisferi celesti sono ad esso abitante visibili per 12 ore di seguito; che le stelle descrivono per lui archi perpendicolari al suo orizzonte; che infine le stelle equatoriali passano tutte per il suo zenit.

73. In Italia, e precisamente per Milano, ad una latitudine di circa 45 gradi e mezzo, sono sempre sull'orizzonte le stelle che distano dall'equatore più che 44 gradi e mezzo di circolo massimo, o che in altre parole hanno una declinazione (1) boreale maggiore di 44 gradi e mezzo; sono invisibili quelle che hanno una declinazione australe maggiore di 44 gradi e mezzo; il numero di queste stelle costantemente invisibili nel nostro clima è di circa 15 per ogni 100 stelle esistenti nel cielo.

---

(1) *Declinazione* è, per gli astri, qualcosa di analogo a ciò che è la latitudine per i luoghi terrestri, ossia è la distanza angolare di un astro dall'equatore misurata su un circolo massimo della sfera celeste.

CAPITOLO SECONDO

La Luna.

§ I.

Moti apparenti della Luna e sue fasi.

74. Il lettore conosce ora abbastanza la Terra e i rapporti che essa, come pianeta, ha col Sole, poiché ne ha studiato il duplice movimento di rotazione e di rivoluzione, causa il primo per la quale ogni 24 ore si alternano il giorno e la notte, ragione il secondo per la quale ogni anno si succedono sempre nello stesso ordine le quattro stagioni.

Ma la Terra, nel suo giro attorno al Sole, si trae dietro la Luna, suo *satellite,* sua vicina e inseparabile compagna di viaggio, di cui essa sente e rivela il potente influsso col perpetuo oscillare de' suoi oceani; la Luna che, or piena, or falcata, a guisa di specchio ci rinvia i raggi del Sole, e con una luce placida e pallida ci compensa delle brevi periodiche assenze della gran fiaccola del firmamento.

Il lettore è certamente curioso di aver qualche notizia su questo astro singolare, così vicino da la-

sciar discernere ad occhio nudo certune disuguaglianze della sua saperficie.

75. Per soddisfare pertanto a questa sua legittima curiosità, andrò dimostrando in alcuni paragrafi i rapporti che vincolano la Luna alla Terra, a quel modo che esplicai quelli che legano la Terra stessa al Sole.

E per cominciare, vi chiederò anzi tutto, o lettore, se avete mai notato due particolarità che la Luna ci offre, delle quali nessun altro corpo celeste sembra porgerci così facile esempio. Eccole; primo: la Luna non è visibile sempre di continuo tutte le notti; secondo: non ha sempre la medesima forma apparente.

A darvi ragione di questi due fatti, che primi nella Luna attraggono la nostra attenzione, mi è duopo aspettare che io vi abbia prima edotti e persuasi di altri fatti, che possono essere avvertiti solo da chi osservi la Luna con una certa attenzione e perseveranza.

76. In primo luogo, osservando le posizioni della Luna in cielo per parecchie sere di seguito, ci tornerà facile notare due fatti analoghi a quelli che già potemmo constatare nel moto apparente del Sole.

Anche la Luna si muove sulla volta del cielo attraverso le costellazioni da ovest verso est, ma il suo moto è molto più celere di quello del Sole, nè lo si può per conseguenza spiegare semplicemente come un'apparenza prodotta dal moto della Terra nella sua orbita. Bisogna ricorrere ad un moto proprio e reale della Luna stessa; bisogna ammettere che la Luna si muove intorno a noi nello stesso verso in cui noi ci trasportiamo in giro al Sole, cosa questa della quale or ora vi darò la prova.

77. In secondo luogo la Luna, in qualunque epoca

dell'anno la si osservi, ritarda ogni di il momento del suo nascere. È un ritardo ora più ora meno lungo, in media uguale a quasi 49 minuti; è un ritardo che esso pure è naturale conseguenza, come si vedrà in breve, del moto proprio della Luna testè accennato.

Se oggi, ad esempio, vediamo la Luna vicinissima al Sole tramontare appena dopo di esso, domani la Luna tramonterà circa tre quarti d'ora dopo il Sole, trovandosi da questo ben più discosta verso est, di quel che oggi non fosse; dopodomani, al cader del Sole, la Luna sarà ancor più alta sull'orizzonte verso ponente, e rispetto al Sole tarderà un'ora e mezza circa a tramontare; così continuerà via via, lasciandosi in certo modo sempre più precorrere dal Sole, finchè, passati alcuni giorni, essa culminerà, ossia si troverà nel mezzo del suo arco diurno, quando si fa sera, quando cioè il Sole scompare a ponente.

Trascorreranno altri giorni e la Luna passerà al meridiano a mezzanotte, in ritardo sul Sole di quasi 12 ore; aumenterà questo ritardo nei dì susseguenti; verrà un giorno in cui si vedrà la Luna levare sull'orizzonte appena un po' prima del Sole; poi si leverà col Sole, diventando invisibile perchè offuscata dal grande splendore di questo, e finalmente sorgerà dopo il Sole. Allora anche il suo tramonto succederà al tramonto del Sole, si rinnoveranno le apparenze appena descritte e il periodo loro sarà compiuto.

Riassumendo, par quasi che nel periodo considerato il Sole corra davanti alla Luna lasciandosela di giorno in giorno sempre più addietro, e che aumentando sempre la distanza fra i due astri, il Sole finisca per raggiungere la Luna, oltrepassarla di nuovo e così di seguito.

78. Queste cose tutte non vi sarà difficile di verificarle, purchè abbiate la buona volontà di vegliare un po' tardi la sera e di alzarvi un poco prima dell'alba durante l'intervallo di un mese, e di fare queste vostre osservazioni consultando ogni volta il vostro orologio.

79. Nel medesimo tempo che osserverete queste cose, avvertirete quelle due particolarità della Luna già prima accennate: cioè il suo rimanere invisibile di notte per qualche tempo, il suo presentare a dati intervalli forme apparenti diverse.

Noterete ancora che queste differenti forme si riproducono periodicamente e coincidono sempre esattamente con certi determinati rapporti di tempo e di distanza fra la Luna e il Sole, nè tarderete a persuadervi che esse sono strettamente collegate colle varie posizioni della Luna rispetto al Sole, e che la Luna gira realmente con moto regolare intorno a noi.

Agevolmente forse, anche da voi stesso, capirete la suaccennata concomitanza di fatti; ma per aiutare la vostra intelligenza mi vi soffermerò sopra ancora un poco.

Voi avrete visto, non ne dubito, la mezza Luna, che si chiama alternativamente *primo* ed *ultimo quarto;* avrete visto la *Luna piena*, quale essa è quando ci presenta l'intero suo disco rotondo illuminato. Ebbene la Luna è sempre mezza quando culmina nelle ore in cui il Sole tramonta o sorge; è sempre piena quando sorge mentre il Sole tramonta, e quando culmina per conseguenza a mezzanotte.

Siccome poi con un orologio comune è facile verificare il già notato ritardo di circa tre quarti d'ora al giorno nel sorgere o nel tramontare della Luna, così con un facile computo si trova che in

un po' più di 7 giorni la Luna si allontana dal Sole di un quarto di circonferenza, e che ad ogni periodo di 29 a 30 giorni, su per giù, essa riprende una medesima posizione rispetto al Sole.

80. Riassumiamo col pensiero tutte le osservazioni fatte e sentiremo di poter a ragione conchiudere: che effettivamente la Luna gira intorno alla Terra; che a compiere un giro impiega un po' meno di 30 giorni; che, la Terra compiendo un giro intorno al Sole nell'intervallo di 12 mesi ossia di un anno, in un anno si conteranno dodici rivoluzioni e mezza circa della Luna attorno alla Terra o *lunazioni*.

81. Esaminando la seguente fig. 23 abbracceremo meglio l'insieme di tutti questi fatti, e ci risulterà più evidente la ragione dei medesimi.

Guardiamo: a sinistra, molto lontano, dobbiamo immaginare il Sole; in mezzo al disegno è la Terra, ed essa occupa il centro della circonferenza punteggiata che rappresenta l'orbita della Luna. Nella figura l'orbita della Luna giace per opportunità di disegno nel piano dell'orbita *AB* della Terra, ma in realtà essa è un po' inclinata su questo piano, e di questa inclinazione vedremo le conseguenze, quando avremo a parlare delle eclissi. Le saette segnano la direzione dei movimenti tanto della Luna quanto della Terra.

82. La Luna, movendosi attorno alla Terra, deve ad ogni rivoluzione passare una volta fra la Terra e il Sole; è allora che di notte, per tre giorni di seguito, non la vediamo in nessuna parte del cielo; si ha allora quel che suolsi chiamare comunemente *Luna nuova;* nella nostra fig. 23 la Luna occupa allora la posizione segnata con la lettera *E*.

83. Consideriamo dapprima quali apparenze deb-

bono presentarsi, ad un osservatore terrestre, quando la Luna si trova nel suddetto punto *E* della sua orbita, vicino alla direzione che congiunge il Sole colla Terra.

L'osservatore è immaginato in *O*; ha per oriz-

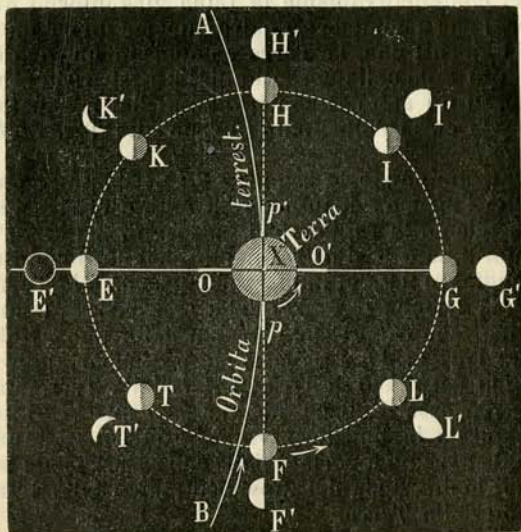



Fig. 23.

zonte *pp'*, ha in *p* il suo oriente, in *p'* l'occidente, e per lui, nel momento che consideriamo, è mezzogiorno, il Sole trovandosi in un piano perpendicolare al suo orizzonte. La Luna, la quale si trova in *E* nello stesso piano che il Sole e la Terra, culmina necessariamente col Sole, sebbene culmini

in un punto del meridiano situato sopra o sotto al punto in cui culmina il Sole, e, culminando insieme, sorge e tramonta pure contemporaneamente ad esso. Sorge, culmina, tramonta col Sole, ma l'osservatore *O* non la vede, perchè l'emisfero che essa a lui rivolge è dalla parte opposta al Sole, da questo non è illuminato ed è quindi assolutamente oscuro.

Passano tre giorni e mezzo, la Luna nel frattempo è venuta in *T*: il nostro osservatore in quel dì vedrà il Sole passare per il meridiano prima che vi giunga la Luna, e al tramonto che cosa accadrà? È facile prevederlo; appena il Sole sarà tramontato, la Luna diventerà visibile nel crepuscolo, mostrando una piccola falce luminosa colla *gobba a ponente* (1), come è rappresentata in *T'*.

In capo ad altri tre giorni o quattro la Luna, continuando il suo giro attorno alla Terra, viene a trovarsi in *F*: l'osservatore *O* nell'istante del mezzodì la vede esattamente ad est dalla parte del punto *p* sul proprio orizzonte, e quando dopo 6 ore circa il Sole per lui tramonta ad occidente dalla parte del punto *p'*, la Luna viene a passare per il suo meridiano ossia per il piano che nella figura nostra proiettasi in *OE* e nel prolungamento suo.

La Luna in tal momento dista quindi dal Sole di un mezzo arco diurno e presenta mezzo il suo disco illuminato (*F'* nella figura), colla convessità rivolta a ponente; ha luogo il suo *primo quarto* ed è *Luna crescente*, appellativo che essa prende nella prima metà della lunazione, finchè non è piena, appellativo al quale si contrappone, nella

(1) È noto il motto volgare: *Luna crescente, gobba a ponente; Luna calante, gobba a levante.*

seconda metà della luminazione, quello di *Luna calante.*

Trascorsi 7 giorni circa dal dì in cui era in *F*, la Luna viene a trovarsi in *G*; l'osservatore *O* nell'istante del mezzodì ha allora il Sole e la Luna amendue nel proprio meridiano, il Sole alto sul proprio orizzonte e ben visibile, la Luna invisibile e sotto ad esso orizzonte. Trascorse 12 ore, a mezzanotte, l'osservatore rotando colla Terra è passato in *O'*; il Sole e la Luna sono ancora ambedue nel piano del suo meridiano, ma si son scambiate le parti; la Luna culmina alta sull'orizzonte, ben visibile al nostro osservatore: il Sole, per lui invisibile, passa per la *culminazione inferiore* ossia per un punto del meridiano situato sotto all'orizzonte. La Luna alta sull'orizzonte brilla del suo massimo splendore, e presenta la sua faccia tutta illuminata all'osservatore *O* passato, come appena dissi, in *O'*; è *Luna piena*, ed il suo aspetto è sulla figura rappresentato in *G'*. La Luna è a 180 gradi, ossia a mezza circonferenza esatta dal Sole, e come passa per la culminazione inferiore quando a mezzodì il Sole è nella culminazione superiore, come passa nella culminazione superiore quando a mezzanotte il Sole è nella culminazione inferiore, così sorge quando il Sole tramonta, va sotto all'orizzonte quando il Sole s'alza sovr'esso.

La Luna prosegue il suo cammino; quando essa pervenne in *G* erano passati 14 giorni e mezzo dal dì della *Luna nuova*; quand'essa ritornerà ad esser *nuova* altri 14 giorni e mezzo saran passati poichè. come risulta anche dalla figura, nella posizione *G* la Luna è a metà del suo giro intorno alla Terra.

Nel secondo tratto del suo cammino attorno alla Terra la Luna presenterà in ordine inverso tutte le

apparenze e le circostanze che già mostrò nel primo tratto di esso.

Consideriamola infatti nel punto *H* della sua orbita. Essa dista dal Sole un mezzo arco diurno, così come ne distava quand'era in *F*, e per l'orizzonte che nella fig. 23 si proietta in *OO'* essa culmina per conseguenza nell'istante in cui il Sole nasce, essa tramonta a mezzodì ossia nell'istante in cui culmina il Sole.

Nella posizione *H* la Luna appare ancora per metà illuminata, così come appariva in *F*, ma in *H* il suo lembo convesso è invece rivolto a levante, ed essa è al suo *ultimo quarto.*

La Luna da *H* passa in *E*, il suo giro è compiuto; ritorna la *Luna nuova:* la Luna torna a sorgere e tramontare insieme al Sole.

84. Le quattro posizioni caratteristiche della Luna, che ho chiamate *novilunio, primo quarto, plenilunio, ultimo quarto*, costituiscono le *fasi* della Luna, delle quali quanto si è detto basta a rendere completa ragione.

Se voi voleste riprodurre in piccolo, nel vostro gabinetto, queste fasi, e verificare quanto vi ho detto con una esperienza, nulla di più facile: ponetevi dinanzi ad una lampada ad una distanza di circa un passo, e tenendo con una mano sospesa ad un filo una pallottola tinta in bianco, senza muovere la persona, fate col braccio descrivere lentamente alla pallottola un giro intorno alla lampada; vedrete in microscopiche proporzioni riprodotto sulla pallottola lo spettacolo delle fasi lunari.

85. Nel presentarvi la fig. 23, ho supposto che la Terra, durante il periodo di una lunazione, stia ferma; ciò non è esatto ed apporta un errore, poichè durante una lunazione la Terra percorre un dodicesimo all'incirca della sua orbita.

Se la Terra fosse ferma, la durata di una lunazione, ossia l'ntervallo di tempo che corre fra una *Luna nuova* e la successiva, e la durata di una rivoluzione della Luna intorno alla Terra sarebbero necessariamente uguali. Ma la Terra si muove nella sua orbita *nello stesso verso* in cui nella propria orbita si muove la Luna, ed è facile intendere per conseguenza che la Luna deve aver percorsa più che una rivoluzione intera, ossia più che 360 gradi di circonferenza di circolo, prima di tornare in *congiunzione*, che in altre parole ogni novilunio deve avvenire dopo il novilunio precedente a un intervallo di tempo maggiore di quello impiegato dalla Luna e descrivere un giro completo intorno alla Terra.

Si tratta d'una differenza non grande; si tratta di 2 giorni e un quarto circa; la rivoluzione lunare intorno alla Terra si compie infatti in 27 giorni, 7 ore, 43 minuti e 5 secondi, e la durata di una lunazione, cioè il tempo che decorre da un novilunio al successivo, è invece di 29 giorni, 12 ore, 44 minuti e 3 secondi.

§ II.

In che modo la Luna diventa la causa delle eclissi.

86. Quando nel paragrafo precedente parlai dell'apparente muoversi della Luna in cielo, dissi che dessa al novilunio, se non fosse immersa nella luce diffusa del Sole, si vedrebbe passare per il meridiano contemporaneamente al Sole, ma di esso o un po' sopra o un po' sotto (capo 83).

Non a caso mi sono espresso così, poichè se in

ogni sua congiunzione la Luna incontrasse la retta condotta dall'occhio dell'osservatore al centro del Sole, essa nasconderebbe all'osservatore stesso, e nel momento preciso d'ogni novilunio, in tutto o in parte, il disco del Sole, il che di raro si verifica. Solo qualche volta accade, ed è allora che si hanno *eclissi di Sole*, o parziali o totali o annulari, come vedremo fra breve.

Analogamente se in ogni sua opposizione la Luna non solo venisse a trovarsi colla Terra e col Sole in un medesimo piano, ma venisse ad incontrare inoltre il prolungamento della retta che passa per i centri del Sole e della Terra, essa entrerebbe necessariamente nell'ombra che la Terra proietta dietro di sè dalla parte opposta al Sole, ombra la quale, a cagione della forma sferica e delle piccole dimensioni della Terra rispetto al Sole, ha forma di cono, e la quale per conseguenza si chiama *cono d'ombra.* Se ciò fosse, la Luna, in ogni opposizione e per tutto il tempo da essa impiegato ad attraversare il cono d'ombra privo della luce solare, sparirebbe alla nostra vista, e noi avremmo una *eclisse di Luna* ad ogni plenilunio, il che non è.

87. Premessi i fatti notorii a tutti, diamone la spiegazione.

Non ha luogo eclisse solare ad ogni novilunio, nè eclisse lunare ad ogni plenilunio, per due ragioni: la prima è che il piano dell'orbita della Luna non giace punto in quello dell'orbita della Terra, ma è ad esso inclinato; la seconda è che i *nodi* dell'orbita lunare, dei quali vi darò a momenti la definizione, girano intorno alla Terra, descrivendo una circonferenza di circolo nell'intervallo di quasi 18 anni.

L'orbita della Luna essendo obliqua rispetto a

quella della Terra (eclittica), ne vien di conseguenza anzitutto che essa, rispetto al piano dell'eclittica, si trova per metà da una parte, ossia sopra, e per metà dell'altra, ovvero sotto; ne consegue in secondo luogo che la Luna, percorrendo la propria orbita, deve attraversare il piano dell'orbita terrestre in due punti diametralmente opposti, punti che in astronomia diconsi *nodi.*

88. Questi nodi, dei quali già dissi che descrivono una circonferenza di circolo intorno a noi in 18 anni circa, ritornano periodicamente, dopo tale intervallo di tempo, e in grazia unicamente del loro moto, in posizioni quasi identiche rispetto alla Luna ed al Sole; e poichè eclissi in generale avvengono solo quando la Luna passa per l'uno o per l'altro nodo, anche le eclissi si ripetono ogni 18 anni con ordine approssimativamente identico, non però con periodo matematicamente esatto, e ciò per ragioni che in questo libro è impossibile spiegare.

89. Nelle eclissi solari la Luna può coprir tutto il Sole, e si ha l'*eclisse totale;* può coprire soltanto il centro del Sole lasciando tutto intorno un anello luminoso, e si ha l'*eclisse annulare;* può coprire solo un segmento del Sole e l'eclisse dicesi *parziale.* Spiegherò la ragione di queste varietà.

90. L'orbita della Luna non è una circonferenza di circolo, ma una linea ovale, una ellisse come si dice, e la Terra non si trova nel centro di questa ovale. Ne consegue che la Luna non se ne sta sempre alla medesima distanza dalla Terra, e che non ci appare sempre della medesima grandezza.

Quando la Luna passa per la massima sua vicinanza alla Terra, il suo disco ci pare un poco più grande che quello del Sole; se allora il suo

moto proprio la porta precisamente davanti al Sole, essa tutto intiero può ricoprirlo generando così una eclisse *totale* di Sole con oscurità quasi completa.

Quando la Luna è alla sua massima distanza dalla Terra, essa, ancora che occupi col suo centro il centro del disco solare, o meglio ancora che si proietti col suo centro nel centro del disco solare, non giunge a coprir tutto il Sole, il quale ha in quel momento un diametro apparente più grande di quello della Luna. I lembi del Sole sopravanzano allora da ogni parte il contorno lunare, e producono il magnifico spettacolo di un anello luminosissimo che circonda un disco tondo scuro-cupo; è l'eclisse solare *annulare*.

Eclisse di Sole *parziale* si ha ogni volta che la Luna non passando esattamente col suo centro sul centro del disco solare, viene durante il suo passaggio ad occupare di questo disco solo una porzione più o meno grande: sono le eclissi più frequenti, e si possono osservare quasi ogni anno.

91. Voi non potete ignorare, tanto è notorio, che quando per un luogo dell'emisfero terrestre che ha giorno accade una eclisse totale di Sole, per un altro luogo può la stessa eclisse essere soltanto parziale. Di questo fatto vi darò la ragione valendomi della vicina figura 24.

92. Voi vedete in *LC* la Luna, in *T* la Terra; alla loro sinistra lontanissimo vi dovete immaginare il Sole di gran lunga più voluminoso che la Terra e la Luna.

La luce che emana da tutto l'emisfero solare rivolto alla Luna involge quest'ultima, ne lambe il contorno e produce dietro ad essa un cono d'ombra tanto più allungato quanto più la Luna è discosta dal Sole e vicina alla Terra.

Se la Luna è nella sua maggior vicinanza a noi, il cono di ombra incontra la Terra formando sulla superficie di questa come una macchia circolare oscura. In tutto lo spazio occupato da questa macchia non giunge assolutamente nessun raggio di Sole, e si ha per conseguenza eclisse totale di Sole. Ma intorno al cono d'ombra esiste una zona di mezza luce, che in fisica si chiama *penombra;* in questa zona (*ab*), la quale circonda a guisa d'a-

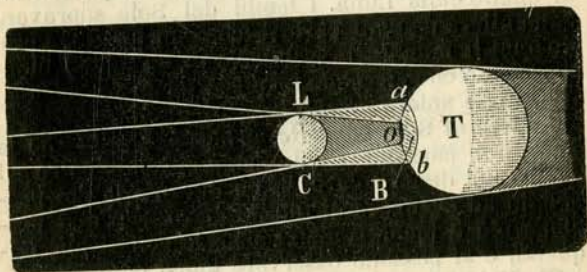



Fig. 24.

nello la macchia centrale circolare oscura, una porzione soltanto del disco solare manda i proprii raggi, e quella porzione sola quindi è visibile a chi si trovi entro di essa zona, per esempio in *B* (1), rimanendogli l'altra parte del disco del Sole mascherata da quello oscuro della Luna.

93. La figura 24 rende, come appena s'e visto, chiara ragione di quanto succede nelle eclissi solari totali o parziali.

---

(1) Il luogo *B* va immaginato entro lo spazio *ab*, e questo vuol indicare la lineetta che nella figura sta a lato di *B*.

Le circostanze di una eclisse annulare di Sole sono rappresentate dalla figura 25, nella quale si vede che il cono d'ombra proiettato dalla Luna non giunge colla sua punta a toccare la Terra. Lo spettatore terrestre in *O* vede nascosto quel tratto *MM'* del Sole, che per lui sta dietro della Luna, ed è compreso fra le visuali *OLM*, *ODM'* radenti il

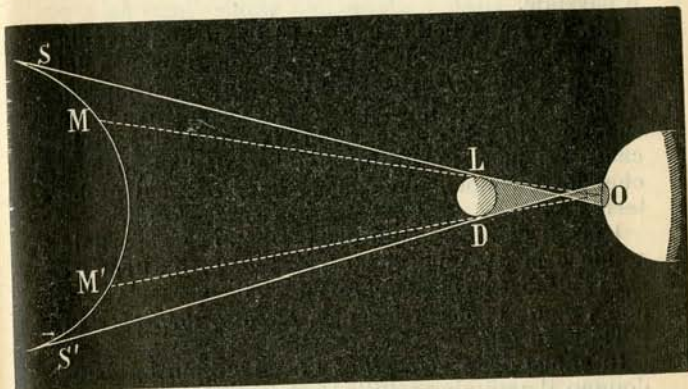



Fig. 25.

globo lunare; le porzioni *SM*, *S'M'* del corpo solare gli restano tuttavia visibili all'intorno della parte centrale nascosta *MM'* e producono appunto quell'anello lucido che è caratteristico di ogni eclisse annulare di Sole.

94. Veniamo ora alle eclissi di Luna.

Il lettore si ricorderà aver io già avvertito che le eclissi di Luna, mentre non possono accadere che durante la fase del plenilunio, non si verificano però ad ogni plenilunio. Il perchè sta ancora

nell'inclinazione dell'orbita lunare sulla terrestre e nel moto dei nodi dell'orbita lunare.

La Luna può entrare tutta nel cono d'ombra proiettato dalla Terra, quando il nodo dell'orbita lunare per cui passa al momento del plenilunio si trova vicino all'asse di quel cono; può non entrarvi che in parte, se il nodo ne è più lontano; nel primo caso l'eclisse di Luna è totale, nell'altro è parziale.

95. La Luna nelle sue eclissi totali non diventa talora completamente invisibile, non si oscura del tutto e si colora invece di una tinta rosso-cuprea. Accade ciò specialmente quando essa si trova nelle sue maggiori distanze dalla Terra, e di ciò la causa risiede in ultima analisi nell' atmosfera che, come è noto, avvolge da ogni parte il globo terrestre.

I fascii di luce solare che lambono la superficie solida e la oceanica della Terra devono attraversare l'atmosfera terrestre, ma nell'attraversarla vengono, come la fisica insegna, *rifratti, dispersi* e in parte *assorbiti.*

In causa della *rifrazione* i fasci luminosi abbandonano il cammino rettilineo che avrebbero dovuto seguire, si inflettono verso l'interno del cono d'ombra, prendono una direzione nuova per la quale ancor pervengono alla superficie della Luna che altrimenti non avrebbero raggiunta più; in causa della *dispersione* e dell'*assorbimento* non tutti i raggi luminosi diversamente colorati che costituiscono i bianchi fascii.solari riescono a raggiungere la superficie lunare: alcuni soltanto vi riescono dotati di colori speciali. È in grazia della rifrazione quindi, prodotta dall'atmosfera terrestre, che i raggi solari riescono ad illuminare, sebbene debolmente, la superficie della Luna anche se im-

mersa nel cono d'ombra della Terra; è in grazia della dispersione e dell'assorbimento prodotti dall'atmosfera terrestre stessa che la superficie della Luna durante le sue eclissi totali si colora.

96. Una eclisse di Luna è visibile a tutto intero quell'emisfero terrestre che ha la Luna sull'orizzonte, laddove una eclisse di Sole è ristretta a quella parte della superficie terrestre che è occupata ad ogni istante dall'ombra e dalla penombra (fig. 24 e 25).

Durante una eclisse solare l'ombra e la penombra si trasportano sulla superficie terrestre, e il loro spostarsi è specialmente prodotto dal moto di rotazione della Terra; è tenendo conto di questo moto che gli astronomi possono tracciare, anche preventivamente, su di una carta geografica la zona della Terra in cui sono compresi i paesi che debbono vedere successivamente una data eclisse di Sole.

97. Vi sarà facile adesso procurarvi una rappresentazione in piccolo del fenomeno delle eclissi in generale, mercè una lampadina a globo di vetro e una pallottola bianca. Quella vi raffiguri il Sole e questa la Luna; il vostro occhio sia l'osservatore.

Tenete, dapprima, sostenendola con un filo, la pallottola tra voi e la lampadina, in modo che la pallottola nasconda all'occhio vostro il globo di vetro della lampadina; poi in un secondo esperimento ritiratevi un po' lontano finchè ad una certa distanza vedrete il globo stesso sporger fuori tutto ingiro alla pallottola di cui voi non vedrete che la parte oscura. Nel primo caso avrete la riproduzione di una eclisse totale di Sole, nel secondo di una annulare; potrete, volendo, avere anche la riproduzione di una eclisse parziale scostando alquanto a destra o a sinistra la pallottola.

98. Se poi volgerete le spalle alla lampadina e terrete la pallottola dinanzi a voi introducendola nell'ombra prodotta dalla vostra testa, la vedrete oscurarsi e divenir quasi invisibile; allora avrete voi stesso prodotto qualcosa di analogo ad una piccola eclisse di Luna.

§ III.

Distanza, forma, dimensioni della Luna, e particolarità della sua superficie.

99. La Luna è tanto vicina alla Terra che chiunque può, anche ad occhio nudo, notare delle disuguaglianze di splendore sul suo disco illuminato, e con un cannocchiale comune può anche osservare, quando non è piena, che la linea la quale separa sovr'essa la parte luminosa dalla oscura è assai irregolare e quasi dentellata.

In vero nessun altro corpo celeste, se non le stelle cadenti, ove vogliansi considerare come tali, è così vicino alla Terra quanto la Luna.

100. La sua distanza da noi è circa $^1/_{400}$ di quella del Sole; sicchè mentre il grande astro dal quale ci viene luce, calore e vita, dista da noi in media circa 150 milioni di chilometri (press' a poco 12 mila diametri terrestri) la Luna dista solamente 384 mila chilometri in media, o 30 diametri terrestri.

Questa distanza, paragonata a quelle alle quali l'uomo può giungere colla sua vista alla superficie della Terra, è ancora enorme; tuttavia la superficie della Luna è così irregolare e variata, che un buon cannocchiale ci mette in grado di discernere sovr'essa distintamente i monti, e gli avvallamenti, e tutti

quegli altri accidenti del suo suolo ai quali volgarmente si dà il nome di macchie.

Son queste macchie quelle *che fan di Caino favoleggiare altrui,* e che già negli antichi tempi suggerirono l'idea di rappresentare la Luna con una faccia umana (1).

101. Nelle eclissi di Sole e nella fase del plenilunio abbiamo potuto accertarci che la Luna è un corpo rotondo; la misura diretta ci apprende che il suo diametro apparente, l'angolo cioè che le visuali condotte dall'occhio ai punti estremi di un diametro della Luna formano fra loro, è in media quasi eguale a quello del Sole.

Con questi dati, conoscendo il rapporto delle

---

(1) Giova soffermarsi un momento sulla distanza che separa la Terra dalla Luna, perchè da essa può trarsi un concetto concreto e praticamente utilissimo delle dimensioni degli oggetti più piccoli che ancora si possono distinguere sulla Luna.

Alla distanza di cui trattasi, un angolo ampio un minuto secondo d'arco abbraccia coi suoi lati, *sottende*, 1863 metri. Un secondo d'arco d'altra parte equivale a 1 : 1865 del diametro apparente lunare ed è all'occhio nudo assolutamente invisibile; 1863 metri rappresentano quindi una dimensione lineare che è molto ma molto al disotto di ciò che il nostro occhio nudo può ancora distinguere sulla Luna.

È vero che noi abbiamo i cannocchiali, i quali aumentano d'assai la potenza dell'occhio, ma non l'aumentano oltre un certo limite. Col più potente dei cannocchiali d'oggi giorno si distingue un oggetto sulla Luna solo se esso abbia in ogni direzione dimensioni di almeno 320 metri, se ne riconosce la forma solo nel caso che esso in ogni direzione misuri 641 metri almeno. Sono questi i numeri che oggi segnano l'ultimo limite dell'ancora visibile e discernibile sulla superficie lunare, ed in massima si può ritenere che quanto sulla Luna appare con forma distinta misura in ogni direzione circa un chilometro.

É già molto, ma siamo ben lontani dalle dimensioni degli ultimi dettagli che sulla Terra misuriamo ancora direttamente. Quante e importanti cose della Terra ci sfuggirebbero se dalla Luna avessimo a guardarle sia pure col più potente dei nostri cannocchiali!

distanze del Sole e della Luna da noi, si potrebbe, se non vi fossero metodi più rigorosi, calcolare il diametro reale della Luna; diametro uguale a 3482 chilometri, un poco più che un quarto (0,273) di quello della Terra. E' ci vuole quindi 50 volte circa il volume della Luna per formare un globo grande come la Terra.

102. L'osservazione del disco della Luna ci autorizza come ho detto a ritenere sferica la forma del globo lunare. Tale possiamo ritenere almeno quella porzione di esso globo che vediamo; porzione limitata, poichè la Luna rivolge alla Terra un istesso emisfero per tutto il corso di ogni sua rivoluzione.

Che la cosa sia così, chiunque può accertarsene coll'ispezione degli accidenti della superficie lunare, i quali sono sempre i medesimi e sempre sensibilmente all'istesso posto rispetto al centro di figura del disco. L'emisfero opposto non diventa mai per noi visibile, e noi ne ignoriamo la forma e le particolarità; solamente per analogia siamo indotti ad arguire che esso sia simile a quello costantemente rivolto verso di noi.

103. Accertato questo fatto, ne segue naturalmente quale sia la durata della rotazione della Luna intorno al suo asse.

La Luna ruota intorno ad un suo asse così come fa la Terra, ma a compiere una rotazione impiega molto maggior tempo, impiega cioè tutto il tempo che essa impiega a compiere una rivoluzione intorno a noi.

A persuadersene basta considerare che essa nel plenilunio rivolge al Sole l'emisfero stesso che noi vediamo; che nel novilunio al Sole rivolge invece l'emisfero per noi sempre invisibile. Uno spettatore collocato nel Sole vedrebbe quindi successiva-

mente, nella durata di una lunazione, passare davanti a sè una volta tutte le regioni della Luna, o, in altri termini, vedrebbe girare la Luna una volta intorno a sè medesima.

104. Se volete convincervi ancor meglio di questo fatto importante, fate una prova sopra voi medesimo, nella vostra camera. Ponetevi verso il mezzo di essa, e girate sopra voi stesso; voi ne vedrete successivamente le quattro pareti. Ebbene, le vedrete del pari se girerete intorno al tavolo che della camera occupa la parte centrale, tenendo sempre la faccia rivolta ad un oggetto posto in mezzo ad esso. Quest'ultima esperienza paragonata con la prima, vi persuaderà che voi realmente nel compiere un giro intorno al tavolo, avete pure ruotato una volta sopra voi stesso. Voi avete fatto intorno a quell'oggetto, posto sul tavolo, quello che fa la Luna intorno alla Terra.

La Luna compie dunque una rotazione nello stesso tempo che impiega a fare una rivoluzione.

105. Sull'emisfero lunare, che, come ho detto, è sempre rivolto a noi, si osservano degli spazii oscuri, degli spazii luminosi, e qua e là dei punti brillanti.

Gli spazii oscuri, grazie all'aspetto loro, per gran tempo si credettero mari, laghi, seni, paludi, e come tali ricevettero nomi diversi quali: mare degli Umori, mare delle Crisi, mare della Serenità, mare delle Pioggie, lago della Morte, seno delle Epidemie, palude del Sonno, nomi che sussistono ancora sulle moderne carte lunari (1).

---

(1) Queste macchie più o meno oscure, mari, laghi, seni, paludi, occupano circa i due quinti dell'emisfero lunare per noi visibile; sono più numerose ad est ed a nord, meno nelle parti centrali e

Questa opinione, che attribuisce le macchie scure lunari a masse liquide, persistette finchè la potenza degli strumenti non constatò la natura rigida delle macchie stesse, e finchè altre osservazioni non persuasero che la Luna non ha atmosfera sensibile, e non può quindi avere alla sua superficie acqua o liquidi di sorta (1). L'acqua ed ogni altro liquido sotto l'azione del calore solare si convertirebbe infatti in vapore, e questo finirebbe per formare intorno alla Luna, quello che non esiste, una specie di atmosfera cioè.

---

verso ovest, mancano affatto nelle alte latitudini meridionali della Luna.

Il lettore che fosse vago di meglio conoscere i dettagli delle configurazioni diverse della superficie lunare potrebbe con profitto consultare l'*Atlante Astronomico* (2ª edizione) edito da Ulrico Hoepli in Milano.

(1) Oggi così stanno realmente le cose, ma non è a pensare che così siano sempre state. Acqua e atmosfera sono esistite sulla Luna in epoche di molto anteriori alla nostra, e sembra anzi che in un'epoca lontana, posteriore però al primo consolidarsi della superficie lunare, siavi sulla Luna stata un'atmosfera di grande densità. Alla sparizione sua seguì necessariamente un grande abbassamento della temperatura media lunare, abbassamento generale, indipendente dalla irradiazione del Sole, e del quale possiamo farci un concetto adeguato pensando a quello che esperimentiamo sulla Terra nel passare dal livello del mare alle sommità delle maggiori montagne.

Tale raffreddamento, quantunque esteso al globo intiero della Luna, deve essere stato diverso nelle diverse zone di latitudine. La zona equatoriale della Luna deve essersi in conseguenza di esso raffreddata incomparabilmente più che non le calotte polari, deve essere quindi stata soggetta a contrazioni che ne hanno abbassato il livello, e che hanno prodotto un fluire verso l'equatore delle masse liquide allora ancora esistenti nelle alte latitudini lunari.

Tutto questo è confermato dai fatti. Da tempo fu osservata sulla Luna la preponderanza dei così detti mari nelle basse latitudini, e la sommersione parziale delle montagne della regione equatoriale. Le fotografie lunari mostrano oggi in gran numero le traccie di antiche correnti superficiali dirette nei due emisferi dai poli verso l'equatore.

A dir vero, alcuni pretendono che attorno alla Luna un'atmosfera ancora vi sia, tanto bassa da occupare soltanto le depressioni e le profonde cavità del suolo, ma questa per il momento è una congettura e nulla più.

106. Se voi osservate la Luna con un telescopio od un cannocchiale capace di un sufficiente ingrandimento, vedrete non solo le parti sue oscure, quali più quali meno, scabre ed irregolari, ma vedrete ancora le parti luminose, quelle che da tempo si ritengono continenti, disseminate di montagne circolari, intersecate da catene o serie di monti molto alti relativamente alle altre dimensioni lunari.

Quelle montagne circolari sembrano vulcani o meglio crateri di vulcani estinti, e molte di esse hanno tali dimensioni in larghezza da non trovar riscontro nei crateri terrestri, anche i più giganteschi.

Spesso dal centro dei crateri lunari s'ergono dei picchi altissimi le cui vette brillano di una luce più viva di quella che domina sulle parti circostanti. Spesso le maggiori cavità chiuse da circuiti montuosi e che ebbero il nome di circhi, misurano 100 e più chilometri di diametro; l'altezza di alcuni picchi fu trovata di 5500, di 6000 e persino di 7600 metri.

Nulla prova che i monti della Luna e le vallate che essi includono fra le loro balze sieno rivestite di vegetazione come sulla nostra Terra; gli uni e le altre appaiono affatto brulle, aride, deserte, e cotesto aspetto, per cosi dire, desolato è comune a tutta la superficie del suolo della Luna (1).

---

(1) La parte della Luna, che appare all'occhio più luminosa, è quasi senza eccezione aspra, disuguale, seminata di altissime mon-

107. La fig. 26 rappresenta il circo o cratere lunare, al quale si suol dare il nome *Copernico*, e che è uno dei più belli della sua specie. Intorno ad esso è disseminata una quantità di crateri minori; di piccolissimi ve n'ha una moltitudine (1).

108. Immaginatevi pertanto un mondo senza acqua, e perciò senza nuvole che ne proteggano il suolo dagli infuocati raggi del Sole, senza ru-

---

tagne, variamente aggruppate, e in generale addossate le une alle altre senz'ordine apparente. Queste montagne hanno contorni più erti e più frastagliati delle nostre, e la loro struttura dirupatissima dimostra essa pure la mancanza assoluta di acqua sulla superficie lunare. Manca su questa l'azione della grande livellatrice terrestre, ossia dell'acqua, e nelle montagne lunari non s'incontrano nè dolci pendii, nè passaggi blandi da uno ad altro piano; tutto in esse procede a salti bruschi e scoscesi.

Nè le montagne però, nè i mari costituiscono il vero dettaglio tipico e caratteristico della superficie visibile lunare; esso sta nei crateri.

I maggiori o circhi hanno 89, 100, perfin 200 chilometri di diametro; hanno struttura complessa, e si direbbero antichi crateri sconvolti da un cataclisma. Più numerosi sono i crateri di dimensioni medie, i cui diametri vanno da 15 a 40 a 60 chilom., e nei quali la forma è più regolare di quella che riscontrasi nei circhi. Innumerevoli invece, regolari di forma, sparsi per ogni dove sono i crateri piccoli, con diametri minori di 15 chilometri; si opina che il numero loro superi i 100 mila, e se ne hanno in catalogo già più di 32 mila.

(1) Intorno al cratere lunare Copernico si osservano rughe caratteristiche, specie di solchi o scanalature sottili e lunghe. Questi solchi, scanalature o cordoni che dire si vogliano esistono in varie parti della superficie lunare, e si prolungano generalmente in linea retta.

La loro lunghezza raggiunge talora i 100 chilometri, la larghezza non supera mai i 2000 metri; i loro bordi sono frastagliati e scoscesi. Si arrestano generalmente ai contorni dei crateri, e solo rare volte attraversano questi ultimi. Si svolgono in generale isolati; eccezionalmente convergono, si incontrano e nel punto di incontro formano un intreccio molto complesso. A Luna piena appaiono luminosi e brillanti; durante le fasi lunari sembrano oscuri, in causa dell'ombra proiettata sul fondo loro dai bordi scoscesi e a ripida scarpa.

Fig. 26.

giada che lo abbeveri nelle lunghe notti, senza pioggie nè nevi, senza fiumi nè rivi; un mondo senza atmosfera, e quindi senza crepuscoli, nel quale repentinamente si passa dalla luce più viva alle tenebre più cupe, nel quale nessuno strato atmosferico colora colle belle tinte d'oro e di porpora le aurore ed i tramonti; un mondo immerso in un eterno silenzio, perchè senz'aria veicolo del suono; un mondo su cui ad ogni passo non s'incontrano che tracce di tremende commozioni, e di eruzioni vulcaniche, e di spaventevoli cataclismi. Tale è la Luna (1).

---

(1) Antica e non meno attraente è la quistione se un globo quale è la Luna sia abitato ed abitabile.

Senza atmosfera e senz'acqua certo si è che vita o animale o vegetale analoga a quella della Terra è assolutamente inconcepibile. Questo però non vuol dire ancora che la Luna sia un mondo spento e assolutamente privo d'ogni vita, presa questa parola nel suo significato più vasto e vero.

La vita è varia, multiforme nel suo svolgersi, nè dalla vita sulla Terra può arguirsi con sicurezza la vita nel cosmos. Sulla Terra stessa la vita ha preso nelle diverse età geologiche forme interamente diverse, ed ancora oggi nessuna mente, che non fosse guidata dall'osservazione dei fatti, potrebbe concepire tutte le forme sotto le quali la vita terrestre si mostra, e dalle condizioni di essa sui continenti ideare la vita quale si svolge nelle profondità dell'Oceano, o dalla vita umana arguire le strane e mirabili e rapide trasformazioni per le quali passa quella di un insetto.

Non è impossibile quindi che anche sulla Luna una certa vita possa esservi, ma se vita esiste, essa ha certissimamente forme diverse dalle vite che hanno soggiorno in Terra, forme inoltre che noi non possiamo intuire.

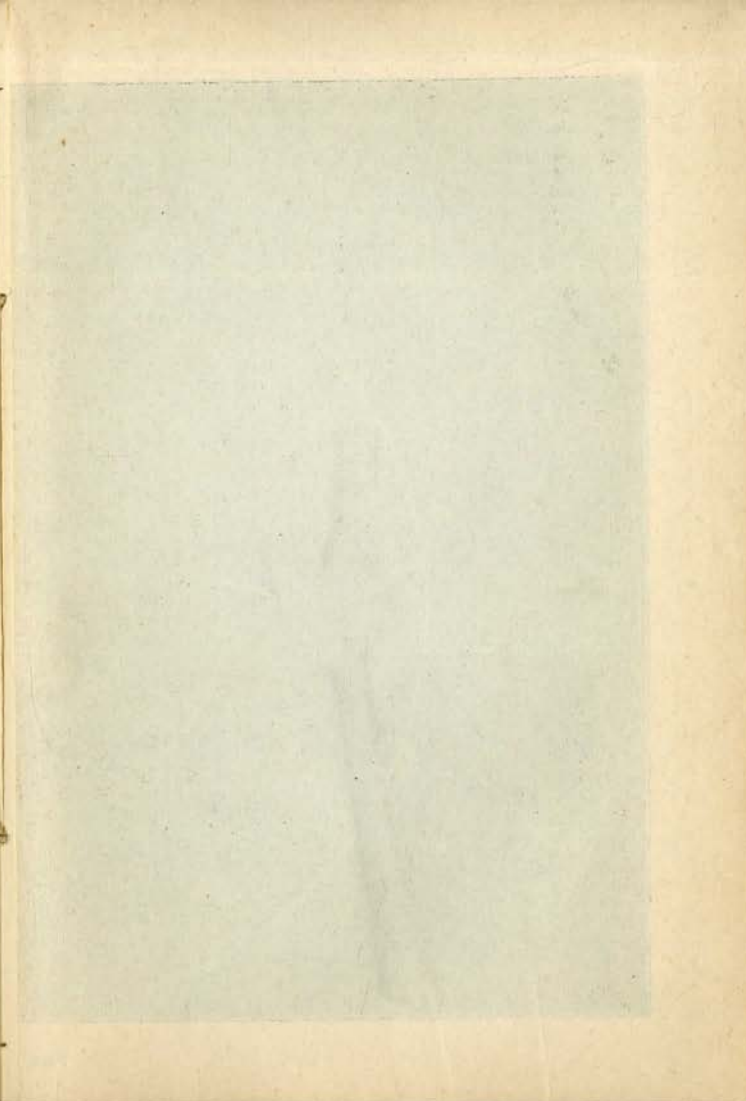
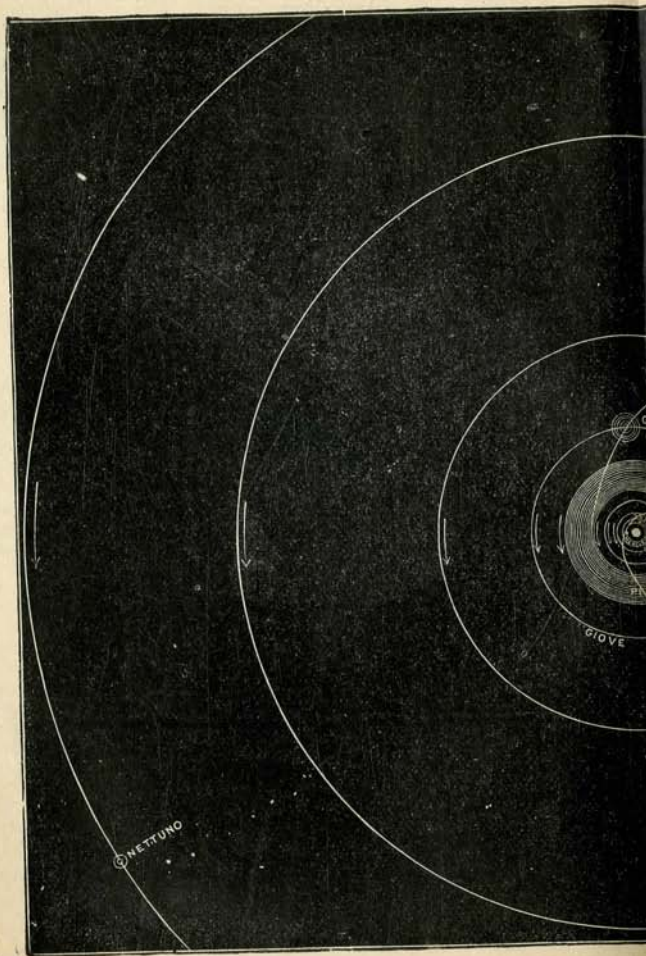
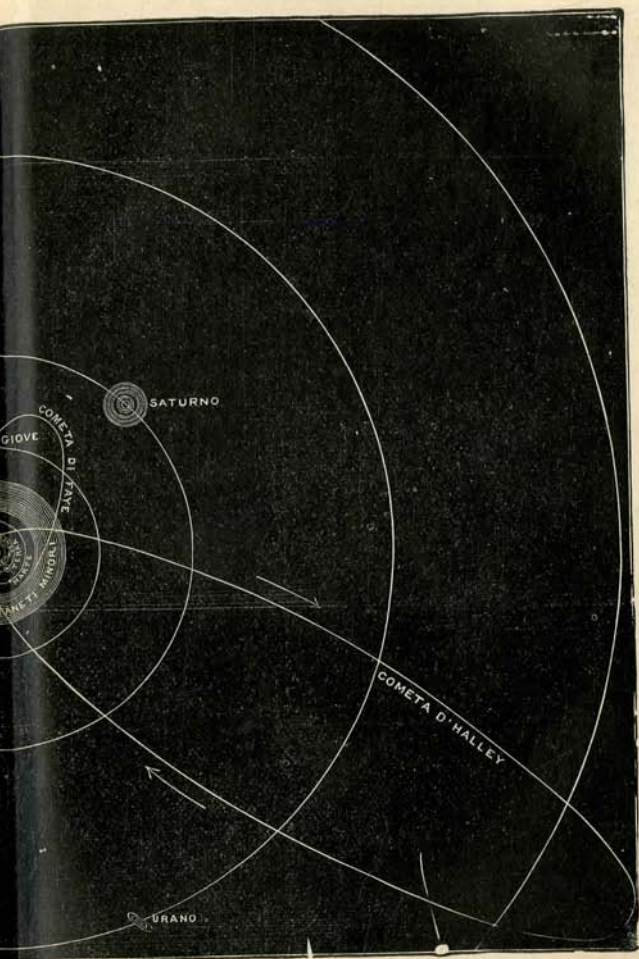
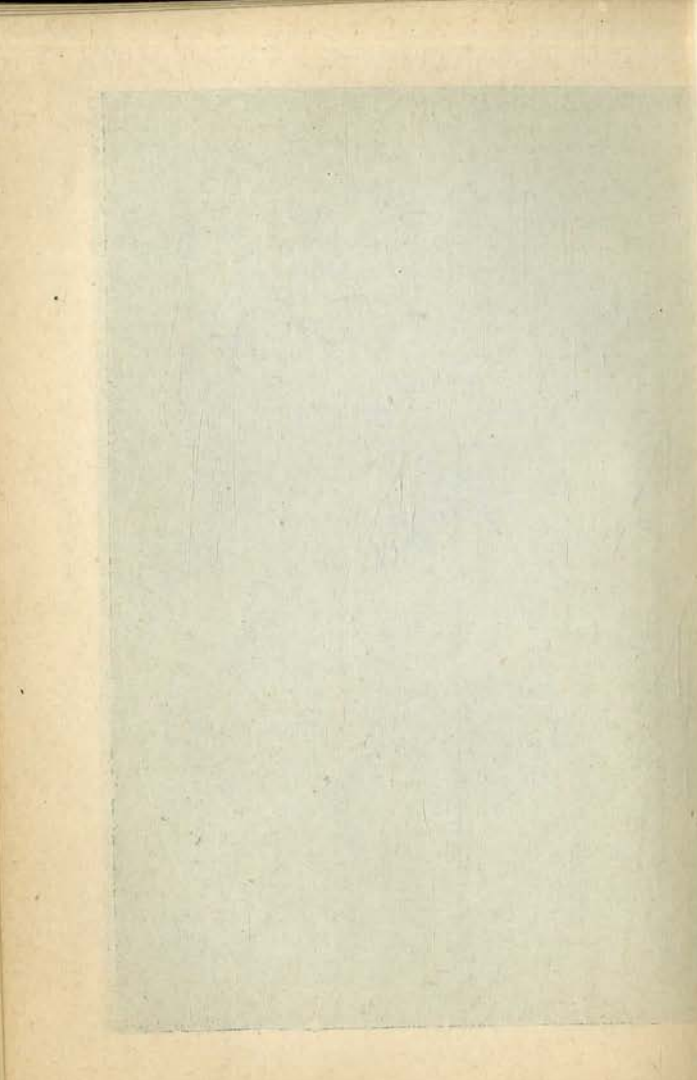
Fig.

27.

sol are (planetario)

CAPITOLO TERZO

Il Sistema solare.

§ I.

Idea generale.

109. Finora non abbiamo considerato che la Terra, il Sole e la Luna.

Abbiamo veduto che la Terra gira intorno al Sole, descrivendo nello spazio un'orbita chiusa, quasi un circolo perfetto, e tutta percorrendola in un anno.

Nello spazio, a grandi distanze gli uni dagli altri, esistono altri corpi simili alla Terra; vengon detti *pianeti*, ed essi pure girano quasi circolarmente intorno al Sole, e descrivono orbite i cui piani pochissimo si discostano dal piano dell'orbita terrestre.

L'insieme della Terra e dei pianeti forma col Sole, centro comune delle loro rivoluzioni, ciò che si dice *Sistema planetario* (1), del quale una immagine approssimativa si ha nella figura 27.

---

(1) La Terra è uno dei pianeti; attorno al Sole, oltre i pianeti, girano, altri corpi di cui si dirà in seguito: Il Sole, i pianeti, i rimanenti corpi aggirantisi attorno al Sole costituiscono, presi nel loro insieme, il *Sistema solare*.

110. Il grosso punto che in questa fig. 27 segna il centro di tutti i circoli rappresenta il Sole; il più piccolo dei circoli rappresenta l'orbita del pianeta più vicino al Sole, pianeta che si chiama *Mercurio;* il secondo circolo, che è concentrico al primo ed inoltre lo abbraccia, è quello descritto dal pianeta *Venere.*

I due pianeti Mercurio e Venere si chiamano pianeti *interiori* (od anche *inferiori*) perchè sono più vicini al Sole che la Terra, e le loro orbite sono chiuse dentro l'orbita descritta da questa.

Sempre nella fig. 27 voi vedrete l'orbita della Terra nel terzo circolo che incontrate a partire dal centro. La Terra è figurata su essa orbita da un punto; intorno a questo punto un altro circolo estremamente piccolo (tuttavia molto più grande di quello che in proporzione dovrebbe essere) rappresenta l'orbita della Luna; già sappiamo infatti che la Luna gira intorno alla Terra e non intorno al Sole.

111. I circoli orbitali della fig. 27 aventi diametri maggiori di quello della Terra appartengono a pianeti i quali distano dal Sole più che la Terra, e vengono per ciò appunto detti pianeti *esteriori* (od anche *superiori*). Voi leggerete facilmente sulla figura successivamente i nomi di *Marte, Giove, Saturno, Urano* e *Nettuno;* sono scritti secondo l'ordine della loro distanza crescente dal Sole, e sono i principali dei pianeti superiori finora conosciuti.

Tra le orbite di Marte e di Giove salta all'occhio una zona risultante da molti circoli vicinissimi fra loro; con questi circoli s'intende di rappresentare le orbite degli *asteroidi* o *piccoli pianeti,* i quali nella plaga dello spazio considerata e in numero stragrande si aggirano intorno al Sole. Sono tal-

mente piccoli questi asteroidi, che, tutti agglomerati insieme, non riuscirebbero a fare una massa uguale a quella del più piccolo fra i pianeti sopra indicati, nè il loro grande numero basta a compensare l'esiguità dei loro corpi.

112. Intorno ai pianeti Giove, Saturno, Urano e Nettuno sono nella fig. 27, tracciati alcuni piccoli circoli. Questi rappresentano (in proporzione molto esagerata rispetto al resto della figura) le orbite delle *lune* o dei *satelliti* rispettivi di quei pianeti; satelliti che intorno al proprio pianeta si aggirano così come la Luna si aggira intorno alla Terra.

La Terra ha un solo satellite, la Luna; Marte ha due lune o satelliti (1), Giove ne ha cinque, Saturno otto, Urano quattro; il lontano Nettuno ha esso pure una sola luna, o almeno fino ad oggi non si riuscì a vederne intorno ad esso più che una.

Tutte queste lune descrivono, intorno al rispettivo pianeta, orbite quasi circolari, situate in piani poco diversi dal piano dell'orbita del pianeta stesso, e si muovono nel medesimo verso che i pianeti. Solo i satelliti di Urano e di Nettuno fanno eccezione a questa regola.

113. Nel disegno riprodotto dalla fig. 27 non fu possibile rappresentare i diametri dei pianeti secondo le vere loro proporzioni.

Per avere un'idea esatta di queste proporzioni, immaginate che il Sole sia rappresentato da un globo di un braccio milanese (sessanta centimetri) di diametro: Mercurio sarà allora rappresentato

---

(1) Per l'estrema piccolezza delle proporzioni del disegno non è stato possibile rappresentarvi le orbite dei due satelliti di Marte.

da una testa di spillo, che descriva intorno a quel globo un circolo alla distanza, in cifra tonda, di 25 metri; Venere da un pisello posto alla distanza di 47 metri; la Terra da un altro pisello alla distanza di 64 metri, Marte da una grossa testa di spillo alla distanza di 98 metri; i piccoli pianeti da minutissimi granelli di sabbia a distanze diverse fra 143 e 227 metri; Giove da una grossa arancia alla distanza di 335 metri; Saturno da una piccola arancia alla distanza di 614 metri; Urano, Nettuno da due grosse ciliegie a distanze rispettivamente di 1234 e di 1933 metri.

L'orbita di Nettuno, nelle proporzioni per ipotesi qui sopra immaginate avrebbe un diametro di 3866 metri, e tale sarebbe quindi, nelle proporzioni stesse, lo spazio occupato da tutto il Sistema planetario quale è oggi conosciuto. Le distanze in questo Sistema, appena occorre il dirlo, sono immensamente grandi in paragone alle dimensioni si del Sole che dei singoli pianeti.

114. Volendo formarsi un'idea concreta delle dimensioni vere di questo immenso tutto che è il Sistema planetario, bisogna pensare che la media distanza dalla Terra al Sole, la quale nel microscopico sistema qui sopra immaginato è rappresentata da 64 metri, in realtà è uguale a 82 milioni di miglia italiane, ossia a 148,7 e in cifra tonda a 150 milioni di chilometri.

È così grande questa distanza che un buon camminatore, il quale, senza mai fermarsi, andasse dalla Terra verso il Sole in ragione di 100 chilometri per giorno, impiegherebbe per arrivare al Sole un milione e mezzo di giorni, ossia 4107 anni; un convoglio di ferrovia, facendo ogni giorno mille chilometri, vi arriverebbe in 410,7 anni; una palla di cannone animata da una velocità di 500

metri al secondo vi arriverebbe in 3472 giorni cioè in poco meno di 10 anni (1).

115. Già fu notato che i satelliti, meno poche eccezioni, si muovono nel verso in cui si muove il rispettivo pianeta; notiamo ora che tutti i pianeti girano intorno al Sole in un medesimo verso. Guardando il Sistema planetario dalla parte boreale o settentrionale del cielo (come lo guarderebbe ad esempio uno spettatore collocato nella stella polare), il movimento dei pianeti appare eseguirsi nel verso indicato nella figura 27 dalle

---

(1) La luce, che percorre circa 300 mila chilometri al minuto secondo, impiega 8 minuti e 13 secondi a giungere dal Sole a noi.

Quando si tratta di distanze espresse in centinaia o in migliaia di milioni di chilometri è difficilissimo farsene un'idea concreta. Sono distanze per le quali sulla Terra la nostra mente non trova termine di confronto possibile, e le quali di troppo superano la realtà delle dimensioni terrestri in mezzo alle quali viviamo. Di questo bisogna ben persuadersi se si vuole acquistare coscienza di quel che siano le dimensioni cosmiche, e di quel che realmente siano le distanze espresse dai numeri delle ultime colonne del breve quadro numerico seguente.

In esso per ogni pianeta è dato nella prima colonna numerica il diametro espresso in chilometri; nella seconda colonna è dato ancora il diametro ma espresso in diametri della Terra; nella penultima colonna è data la distanza media dal Sole espressa in milioni di chilometri; nell'ultima colonna è data la distanza stessa prendendo uguale ad uno la distanza che in media separa la Terra dal Sole. Piccole incertezze esistono tuttora in questi numeri, ma sono tali che da esse può farsi astrazione in un libro elementare, e che di esse dar ragione sarebbe inopportuno nel libro nostro.

Pianeti	Diametri		Distanze dal Sole	
Mercurio	4816	0,38	57,5	0,387
Venere	11969	0,94	107,5	0'723
Terra	12756	1,00	148,7	1,000
Marte	6745	0,53	226,5	1,524
Giove	143757	11,27	773,8	5,203
Saturno.	119080	9,55	1417,8	9,539
Urano	59171	4,64	2851,4	19,183
Nettuno	54979	4,31	4467,6	30,057

saette, cioè nel verso opposto a quello secondo cui si muovono gli indici dei comuni orologi.

Le velocità di movimento non sono eguali per tutti i pianeti, e i più vicini al Sole si muovono più rapidamente dei più lontani. Le circonferenze dei circoli descritti dai pianeti al Sole più vicini sono naturalmente più brevi che quelle descritte dai più lontani. Ne segue che a misura che si va lontano dal Sole, i tempi delle rivoluzioni orbitali diventano sempre più lunghi, siccome mostra il seguente prospetto, nel quale i tempi stessi sono dati in giorni ed espressi in cifre tonde.

Pianeti	Durata delle rivoluzioni		
Mercurio	giorni	88	
Venere	„	225	
Terra	„	365	
Marte.	„	687	
Giove	„	4333	(12 anni)
Saturno	„	10759	(29 ½ anni)
Urano.	„	30681	(84 anni)
Nettuno	„	60117	(165 anni)

I numeri appena scritti confermano per intero quanto rispetto alla diversa velocità dei pianeti diversi si è or ora detto. Mentre ad esempio Nettuno fa un giro intorno al Sole, la Terra ne fa 165 e Mercurio ne fa 683, e ciò malgrado che il giro fatto da Nettuno sia soltanto 30 volte maggiore di quello della Terra, e 78 volte più lungo che quello di Mercurio.

116. I pianeti si muovono tutti nella stessa direzione e con moto quasi uniforme intorno al Sole; i movimenti loro attraverso alle stelle del cielo appaiono all'abitante della Terra molto diversi da quelli che si mostrerebbero a chi li osservasse stando sul Sole.

Un osservatore che fosse sul Sole trovandosi quasi nel centro delle circonferenze percorse dai pianeti, vedrebbe le orbite planetarie così come realmente sono, e vedrebbe quindi i pianeti descrivere perpetuamente con moto quasi regolare delle circonferenze di circolo, o delle curve pochissimo diverse da esse, in direzione costante.

Per un osservatore che sia sulla Terra tutto muta, non solo perchè diverso è il punto di vista suo, ma ancora perchè egli partecipa al moto della Terra, è da questa trasportato lungo l'eclittica, e colla Terra quindi muovesi nella stessa direzione in cui si muovono i pianeti, con velocità maggiore di quella dei pianeti superiori, con velocità minore di quella dei pianeti inferiori. Ciò che dalla Terra vedesi in cielo del movimento di un pianeta è l'effetto combinato del movimento proprio della Terra e del movimento proprio del pianeta stesso, è in altre parole un moto risultante apparente.

L'osservazione dimostra che il moto apparente dei pianeti non è equabile, ma certe volte più rapido, altre volte più lento; in certi punti anzi il pianeta pare rimanere per qualche tempo immobile nel cielo, come se fosse una stella e si dice allora che fa una *stazione;* ripiglia il suo moto, ma da oriente verso occidente, cioè in verso contrario al suo moto abituale, e si dice allora che si muove di moto *retrogrado;* cessa il moto retrogrado, per qualche tempo il pianeta si ferma un'altra volta, e fa un'altra *stazione;* riprende il suo moto abituale analogo a quello del Sole e della Luna, riprende il *moto diretto* cioè da occidente verso oriente; continua con vicenda perpetua ad esser ora fermo in istazione, a muoversi talora di moto retrogrado, più spesso di moto diretto.

Tutte queste irregolarità di movimento, le quali

offrirono tanto filo da torcere agli antichi osservatori, sono pure apparenze; in realtà i pianeti si muovono tutti intorno al Sole con una velocità quasi interamente uniforme (1).

117. Al Sistema solare appartengono ancora altri corpi; le *comete* e le *stelle cadenti;* di esse mi riserbo di parlare fra poco, a luogo più opportuno.

§ II.

Come si presentano, visti dalla Terra, i pianeti interiori nel loro giro intorno al Sole.

118. Si osservi la qui a lato figura 28; il circolo maggiore vi rappresenta l'orbita della Terra che

(1) Questo rallentarsi, stare, retrocedere, riavanzare dei pianeti superiori è uno degli argomenti capitali che guidarono la scienza a scoprire come realmente avvengono i fatti nel Sistema solare, e a dimostrare che in esso la Terra si muove nello spazio come ogni altro pianeta, ed il Sole sta fermo presso al centro delle orbite planetarie.

Finchè in questo centro si volle tener fissa la Terra, i moti tutti dei pianeti, non importa se inferiori o superiori, costituirono un inestricabile nodo gordiano, ed ebbero spiegazioni complicate, contorte, difficilissime. Dato il moto alla Terra tutto si semplificò; i fatti più complessi naturalmente, spontaneamente si poterono spiegare.

Apparente è il moto che porta il Sole lungo l'eclittica ed è prodotto da un movimento analogo cui la Terra eseguisce trasportandosi nello spazio.

Apparente è il rallentarsi, lo stare, il retrogradare dei pianeti superiori, e proviene da ciò che la Terra e i pianeti si muovono contemporaneamente per istrade diverse e con diverse velocità.

Apparenti sono le peculiarità dei movimenti dei pianeti inferiori, e provengono, così come nel prossimo § II di questo manualetto sarà spiegato, dalla posizione che l'orbita della Terra ha nello spazio rispetto alle orbite dai pianeti stessi.

supponiamo collocata nel punto designato colla lettera *T*. Col circolo minore ed interno intendiamo indicata l'orbita di Mercurio, e nel centro comune dei due circoli sta figurato il Sole nel punto *S*. Mentre lo spettatore collocato sulla Terra vede il Sole nella direzione *TS*, vedrà Mercurio in una

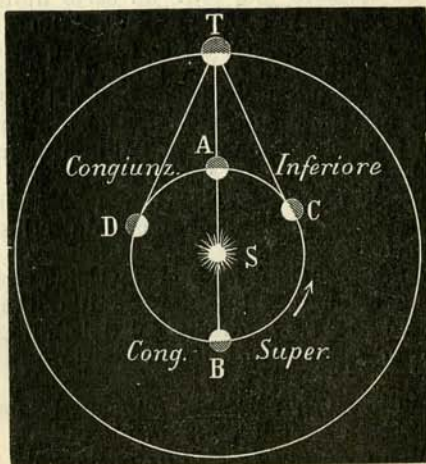



Fig. 28.

od in un'altra direzione, secondo il luogo che esso occupa nella propria circonferenza di circolo. Quando Mercurio è nella posizione *A*, cioè fra il Sole e la Terra, non sarà visibile, perchè involto nello splendore prevalente del Sole. Lo stesso si deve dire quando il pianeta è in *B*, cioè quando il Sole sta fra Mercurio e la Terra.

119. Ne segue che il pianeta non sarà ben visibile se non lungo le direzioni delle tangenti *TC*, *TD*, quando esso trovasi nei punti *C*, *D* della sua orbita, cioè nelle sue *massime digressioni* dal Sole. Ne segue ancora che il pianeta sarà visto ora a destra ora a sinistra del Sole, che esso, accompagnando il Sole nel suo corso annuale apparente, non se ne scosterà mai oltre un certo limite.

Quando Mercurio è in *C* o in *D*, dalla Terra si vedrà solo metà circa del suo disco, quella metà cioè che è illuminata dal Sole; l'altra metà sulla quale non possono arrivare i raggi del Sole sarà scura ed invisibile. Mercurio apparirà allora così come la Luna nel primo o nell'ultimo quarto.

Quando Mercurio è in *A* esso rivolge alla Terra la sua faccia oscura e riesce per conseguenza invisibile, escluso il caso contemplato qui sotto al capo 120.

Quando Mercurio è in *B* si dovrebbe vedere il disco suo rotondo e interamente illuminato, ma allora esso sorge e tramonta col Sole, affoga l'intero giorno nella gran luce di questo e resta invisibile.

Durante la sua rivoluzione attorno al Sole, Mercurio presenta quindi delle fasi simili a quelle della Luna, e da questa si differenzia solo in ciò, che esso sembra ora molto più grande ora molto più piccolo della sua dimensione media, secondo che si trova a distanza minore o maggiore dalla Terra.

120. Se le orbite di Mercurio e della Terra giacessero esattamente nel medesimo piano, come di necessità avviene nella nostra figura, si dovrebbe vedere Mercurio passare davanti al disco del Sole, in forma di macchia nera, tutte le volte che esso si trova in *A*. Ma l'orbita di Mercurio, come quelle

di tutti gli altri pianeti, non giace esattamente nello stesso piano dell'orbita della Terra; in certe parti essa si eleva alcun poco su d'esso piano, in altre sta un poco più sotto, e coincide con quel piano in due soli punti, che sono i *nodi* dell'orbita sua. È evidente che solo quando Mercurio si trova fra il Sole e la Terra, e nello stesso tempo occupa un punto del suo corso orbitale vicino a uno dei nodi, può avvenire il così detto suo *passaggio* sul disco solare, cioè può vedersi il pianeta, come una piccola macchia nera, rotonda, attraversare nell'intervallo di alcune ore il disco del Sole.

I passaggi di Mercurio sul Sole non sono rari, e fra altri ne accadde uno degno di nota il giorno 6 maggio del 1878 (1). Ordinariamente però avviene che quando Mercurio si trova fra la Terra e il Sole, esso nella sua orbita è o troppo alto o troppo basso rispetto al Sole; in questi casi esso passa lateralmente al Sole senza apparentemente toccarne il disco, e rimane invisibile ed avvolto dallo splendore intenso dei raggi solari.

121. Analoghe a quelle di Mercurio sono le apparenze di Venere.

Venere si muove attorno al Sole in un'orbita più piccola di quella della Terra; le apparenze prodotte dal suo moto si possono quindi desumere, così come per Mercurio, dalla figura 28, e Venere segue quindi anch'essa il Sole nel suo corso annuale apparente, ora precedendolo a destra, ora

---

(1) Sono 28 i passaggi di Mercurio finora osservati, a cominciare da quello del 7 novembre 1631; sono fra i più prossimi a noi quelli del 6 maggio del 1878, del 7 novembre del 1881, del 10 maggio del 1891, del 10 novembre del 1894, l'ultimo del secolo decimonono: del secolo presente il primo passaggio avverrà il 12 novembre del 1907.

seguendolo a sinistra, si a destra che a sinistra raggiungendo due punti come *C, D* di massima digressione dal Sole, con questa sola differenza da Mercurio che la sua orbita essendo più grande le sue deviazioni o *digressioni massime* sono anche più grandi.

Anche Venere presenta fasi simili a quelle della

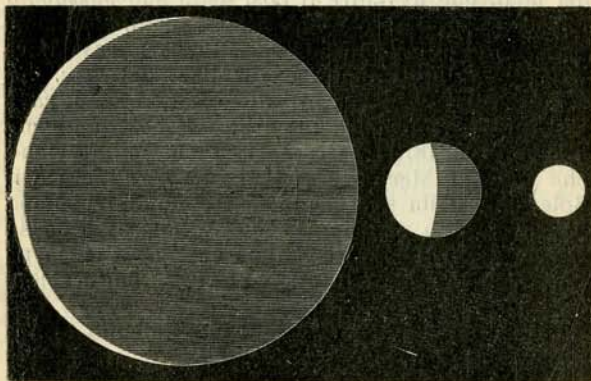



Fig. 29.

Luna, e siccome le sue distanze dalla Terra variano nel rapporto di 1 a 6, così anche il diametro del suo disco apparente varia nella proporzione di 6 a 1, e la superficie del suo disco in quella di 36 a 1, così anche il suo splendore apparente presenta grandi diversità secondo la posizione che essa occupa rispetto al Sole e alla Terra.

Nella fig. 29 sono rappresentate in dimensioni proporzionali gli aspetti di Venere: 1° quando

si trova vicina al punto *A* della fig. 28, o alla *congiunzione inferiore* col Sole; 2° quando si trova in *D,* cioè nella massima elongazione a destra del Sole (per gli osservatori settentrionali); 3° quando si trova in *B,* nella *congiunzione superiore* o alla massima distanza dalla Terra.

In certe posizioni più favorevoli, Venere può splendere tanto da far gettare ai corpi, sui quali cade la sua luce, ombre sensibili, sebbene senza confronto meno scure e più difficili a riconoscere di quelle prodotte dai corpi illuminati o dal Sole o dalla Luna.

122. Quando Venere si trova, per noi, a sinistra del Sole e tramonta quindi dopo di esso, la vediamo brillare la sera nel crepuscolo, e le diamo allora il nome di *Espero* o stella della sera. Quando si trova a destra del Sole, si leva, il mattino prima di questo, e risplende nell'aurora come stella del mattino, indi il nome di *Fosforo* o di *Lucifero,* che significa apportatore della luce.

123. Se noterete Venere come stella della sera in una certa epoca, voi la rivedrete come stella della sera in condizioni press'a poco simili dopo diciannove mesi circa, o, più precisamente, dopo 584 giorni.

Mercurio, anch'esso compare, come stella della sera, ogni 116 giorni, ma esso si scosta nelle sue elongazioni così poco dal Sole, e rimane sempre così immerso dentro il crepuscolo, che si richiede un'attenzione particolare per riconoscerlo, e, prima della invenzione dei cannocchiali, non pochi astronomi morirono senza mai averlo veduto.

124. I *passaggi* di Venere sul disco solare sono molto più rari che quelli di Mercurio, e si ripetono ad intervalli molto disuguali, come si può vedere dalle date di alcuni di essi che qui riferisco:

Anno	1761	5 giugno
"	1769	3 giugno
"	1874	10 dicembre
"	1882	6 dicembre
"	2004	9 giugno
"	2012	6 giugno

Venere appare, in questi passaggi, come una grossa macchia nera, rotonda (il suo diametro è allora circa $^1/_{30}$ del diametro apparente del Sole), che attraversa il disco solare da levante verso ponente, nello spazio di alcune ore. L'osservazione di questi passaggi è celebre per la sua rarità, e più ancora perchè da essi si può con calcoli opportuni (e che qui sarebbe fuor di luogo il riferire) dedurre si la distanza del Sole dalla Terra, che le distanze di tutti i pianeti dal Sole.

§ III.

Notizie speciali sopra i pianeti inferiori.

MERCURIO.

125. Mercurio, il pianeta pù vicino al Sole, gira intorno ad esso ad una distanza media di circa 58 milioni di chilometri. Il suo anno è meno che un quarto del nostro; è di 88 giorni in cifra tonda (87^g 23^h 15^m 44^s).

La forma di Mercurio è quella di una sfera; il suo diametro è un terzo circa (0,38) di quello della Terra, e misura 4816 chilometri; la sua superficie è appena la settima parte circa della superficie terrestre; il suo volume è meno che i sei centesimi del volume della Terra. Qualche incertezza, sebbene non grande, regna tuttora nei numeri appena scritti.

Mercurio è opaco, e splende per luce solare che la sua superficie riflette, ed esso riceve dal Sole una luce sette volte circa più intensa di quella che riceve la Terra. Brilla quindi di vivissima luce, e per essa, in certe epoche ed in circostanze d'atmosfera favorevoli, l'occhio nudo riesce a rintracciarlo e vederlo per qualche tempo, o appena dopo il tramonto o poco prima del levar del Sole. Coi cannocchiali moderni si riesce ad osservarlo con successo nella piena luce del giorno, in presenza del Sole sempre ad esso vicino, attraverso all'atmosfera terrestre potentemente illuminata.

126. Intorno alla costituzione fisica di Mercurio poco si sa, e quel poco dipende in gran parte da osservazioni fatte in questi ultimi anni a Milano dall'illustre astronomo italiano G. Schiaparelli.

127. È probabilissimo che attorno a Mercurio, così come attorno alla Terra, esista un'atmosfera.

La presenza di un'atmosfera in Mercurio fu già da tempo congetturata, ma solo le osservazioni recenti riescirono a dare di essa indizii più sicuri ed evidenti. Non si può ancora affermare con certezza che essa esista, ma la probabilità che esista è così grande, che poco dalla certezza si discosta.

128. La superficie di Mercurio è sparsa di macchie oscure (fig 29 *bis*), delle quali le forme sono permanenti, e delle quali permanente è pure la disposizione reciproca. Sono difficilissime ad essere osservate, e non riescono sempre ugualmente manifeste, divenendo esse talvolta più intense tale altra più pallide, l'una o l'altra divenendo per qualche tempo perfino invisibile affatto.

La permanenza di forma e di reciproca disposizione dimostra che queste macchie oscure appartengono alla superficie o al suolo del pianeta, che esse ne sono configurazioni stabili, così come

della superficie terrestre lo sono i continenti, le isole, gli oceani.

I diversi gradi di visibilità per i quali le macchie in questione passano incessantemente non si sanno attribuire ad altra causa più ovvia che ad una atmosfera del pianeta, ed a condensazioni transitorie in essa producentisi, analoghe per natura

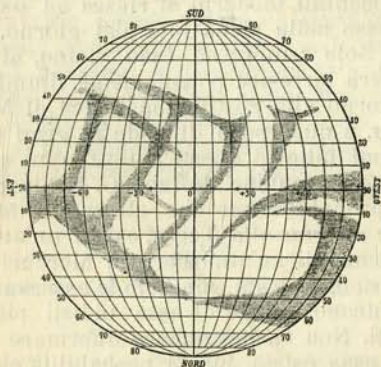



Fig. 29 *bis.*

alle nostre nuvole. È chiaro che condensazioni siffatte possono impedire più o meno completamente la veduta del suolo di Mercurio in alcune parti or qua or là; è chiaro dico, poichè apparenze identiche dovrebbero presentare le regioni annuvolate della Terra a un osservatore che le contemplasse da un punto dello spazio molto lontano, e in condizioni analoghe a quelle in cui noi siamo rispetto a Mercurio.

129. Le macchie oscure di Mercurio sono, come

già dissi, difficili ad osservarsi, e non meno difficili ad essere ben studiate. Ne segue che altrettanto difficile diventa, per il momento almeno, esporre un'opinione alquanto fondata sulla loro natura.

Possono provenire dalla diversa materia e struttura degli strati solidi superficiali, come nel capitolo secondo di questo manuale già dimostrammo essere il caso della Luna. Ma dal momento che su Mercurio può esistere un'atmosfera capace di condensazioni e forse anche di precipitazioni, possono provenire ancora da qualche cosa di analogo ai nostri mari. Non si hanno argomenti decisivi per sostenere questa piuttosto che la prima opinione.

Poco di certo possiamo quindi dire sulla natura delle macchie oscure; meno ancora possiamo ricavare, dalle osservazioni almeno fatte fin qui, intorno alla natura delle parti lucide di Mercurio, e intorno all'ordine di cose esistenti sulla sua superficie in generale.

130. Le macchie oscure, in grazia della loro permanenza, permettono di verificare se Mercurio ruoti o non intorno a sè medesimo, e permettono ancora di determinare, sebbene non senza difficoltà, quanto tempo esso impieghi a compiere una tal rotazione.

Come ciò avvenga diventa chiaro al lettore, se appena egli pensa che un tratto di superficie più oscuro dei tratti che lo circondano, avente inoltre contorni determinati e configurazione sua propria, diventa per l'osservatore un'area sulla quale egli in ogni istante può orientarsi, e se egli pensa insieme che a giudicare, per via sperimentale, della rotazione di un astro lontano, solo mezzo possibile è fissare prima un punto determinato della sua superficie, seguirne poi lo spostamento continuo e successivo che la rotazione dell'astro produce.

131. Mercurio non solo si rivolge attorno al Sole, ma ruota insieme intorno a sè medesimo. Di questo siamo certi, ed il lettore sa per quale via ce ne siamo accertati.

Per lungo tempo si ritenne nel secolo decimonono la durata di questa rotazione uguale a 24 ore circa, $24^h\ 5^m$, ma lo Schiaparelli dalle proprie osservazioni fu portato a conchiudere che in Mercurio la rotazione e la rivoluzione hanno ugual durata.

Mercurio, in altre parole, gira intorno al Sole in modo simile a quello con cui la Luna gira intorno alla Terra. Abbiamo visto che la Luna descrive il suo corso intorno alla Terra, mostrandoci sempre ad un di presso la medesima faccia e le medesime macchie. Altrettanto fa Mercurio nel percorrere la sua orbita attorno al Sole; esso presenta al gran luminare sempre a un di presso il medesimo emisfero della sua superficie.

Vi sono regioni su Mercurio le quali non vedono mai il Sole; ve ne sono altre che perpetuamente lo vedono. Questo fatto fu confermato appieno nel 1896 dall'astronomo americano Lowel, fu da altri parzialmente confermato in seguito, e, quantunque dipenda da osservazioni difficilissime in ogni clima, tutto porta a pensare che sarà ancora da altre osservazioni in avvenire confermato. Esso permette al lettore di immaginare quanto diverso sia l'ordine delle cose esistente su Mercurio e sulla Terra.

VENERE.

132. A 108 milioni di chilometri circa di distanza dal Sole, gira nella propria orbita Venere; compie una rivoluzione in poco meno che 225 (224,7) giorni; ritorna però ad una stessa congiunzione soltanto

ogni 584 giorni, e questo periodo che trascorre fra due congiunzioni successive si dice *rivoluzione sinodica.*

133. Delle fasi che presenta Venere abbiam già detto nel § II del presente capitolo. Ora noteremo soltanto che noi non possiamo ammirare questo bell'astro quando ha il suo diametro apparente massimo, ossia nella sua congiunzione inferiore,

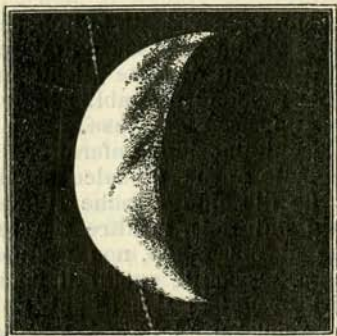



Fig. 30.

poichè esso non ci presenta il suo disco quasi pieno, se non in vicinanza all'altra congiunzione, la superiore, allora quando la sua distanza da noi è accresciuta di quasi tutta la lunghezza del diametro della sua orbita, che è di circa 216 milioni di chilometri.

La fig. 30 rappresenta la forma apparente di falce che prende Venere quando lo splendore suo diventa massimo.

134. Venere ha in realtà forma esattamente sfe-

rica, e non mostra schiacciamento sensibile; fra tutti i pianeti è quello che per grandezza più richiama la Terra; il suo diametro si può, con qualche incertezza ancora, ritenere uguale a 0,97 del diametro terrestre; la sua superficie e il suo volume sono quindi certamete di poco più piccoli della superficie e del volume della Terra.

135. Attorno a Venere esiste un'atmosfera molto densa, due volte circa più densa che quella della Terra.

Le osservazioni piu recenti, le apparenze di Venere quando è vicina alla sua culminazione inferiore, i fatti osservati durante gli ultimi suoi passaggi sul Sole rendono probabilissima l'esistenza d'una densa atmosfera sovr'essa.

Vicino alla culminazione inferiore, quando Venere appare sotto forma di falce sottile, qualche volta si è visto illuminato anche il suo contorno che più dista dal Sole, in altre parole s'è visto tutto attorno al disco suo, non esclusa la parte oscura di esso, un sottile anello di luce.

Durante i passaggi di Venere sul Sole, quando essa con metà del suo globo già è entrata sul disco solare e su questo appare come una macchia scura a forma di segmento semicircolare, più volte fu vista apparire subitamente anche la parte del globo suo non ancora arrivata sul Sole, ed apparire insieme l'intero contorno di esso globo.

Sono fatti questi che e l'uno e l'altro appena si possono spiegare per mezzo di rifrazioni della luce solare prodotte da una densa atmosfera del pianeta.

136. Sul disco di Venere non è stato ancora possibile riconoscere con piena sicurezza macchie permanenti, che accennino a mari, o in generale a configurazioni stabili e caratteristiche del suolo.

Di rado si riuscì a poter constatare su Venere qualche macchia, ma si tratta sempre di macchie tenui, diffuse, aventi carattere transitorio; più che macchie sono eccessi di splendore in certe regioni, irregolari deficienze in certe altre, apparenze mutabili e fuggevoli.

Solo nelle regioni più australi del pianeta occorrono talvolta macchie meglio definite, ma anche di queste poco finora si è con certezza veduto.

Della superficie di Venere poco quindi si conosce, e ciò probabilmente in causa della densa sua atmosfera che, potentemente illuminata dal Sole, impedisce di vedere, anche verso il mezzo del disco, il nucleo solido del pianeta.

137. Il carattare transitorio delle macchie generalmente osservabili su Venere rende assai difficile determinare quanto tempo essa impieghi a compiere una rotazione intorno a sè medesima, anzi può dirsi che la durata di questa rotazione è tuttora un problema aperto ed insoluto.

Fino al 1890 si ritenne universalmente tale durata uguale a poco meno che 24 ore, $23^h\ 21^m\ 22^s$. Lo Schiaparelli fu in quell'anno dalle proprie osservazioni e da una critica stringente delle ricerche anteriori condotto a pensare che la rotazione di Venere è lentissima, che essa succede intorno ad un asse press'a poco coincidente colla perpendicolare al piano dell'orbita del pianeta, e che probabilmente si compie in giorni 224,7 cioè in un periodo esattamente uguale a quello della rivoluzione del pianeta intorno al Sole.

Le conclusioni dello Schiaparelli, secondo le quali Venere rivolgerebbe essa pure, così come pare faccia Mercurio, sempre lo stesso emisfero al Sole, furono da alcuni osservatori o appoggiate o interamente confermate, furono da altri con-

traddette, ma recentemente, nel 1902 e nel 1903, l'astronomo americano A. Lowell, indagando il controverso problema per vie nuove, nulla trovò che favorisca il concetto di una rapida rotazione del pianeta quale sarebbe quella che si compie in 24 ore, trovò invece risultati favorevoli ad una stessa durata della rotazione e della rivoluzione del pianeta.

È questo quanto appunto affermò nel 1890 lo Schiaparelli, e che riceve quindi dalle più recenti osservazioni una nuova e autorevole riconferma.

138. Talora mentre Venere brilla sull'orizzonte ridotta a falce sottilissima, si vede di essa l'intero disco grazie ad una luce debole ed incerta sovr'esso diffusa. È una luce che dicesi *secondaria*, e che finora non si sa spiegare.

Alcuni l'hanno attribuita ad una fosforescenza intrinseca all'atmosfera e alla superficie del pianeta, ma anche questa spiegazione ha il suo lato debole. Se vera essa fosse, la luce secondaria di Venere non potrebbe essere, come nel fatto è, un fenomeno saltuario, ed osservabile solo a lunghi intervalli di tempo.

§ IV.

Come si presentano, visti dalla Terra, i pianeti superiori nel loro giro intorno al Sole.

139. Non è difficile rendersi ragione di quello che deve succedere di un pianeta superiore veduto dalla Terra; basta considerare la vicina figura, nella quale si suppone che il circolo più grande rappresenti l'orbita di un pianeta esteriore, per esempio di Marte.

Anzitutto, stando la Terra in *T*, fig. 31, è chiaro che Marte può rispetto alla Terra prendere nell'orbita sua tutte le posizioni possibili, e presentare quindi ad essa diversi aspetti.

Fra i punti della propria orbita che ogni pianeta

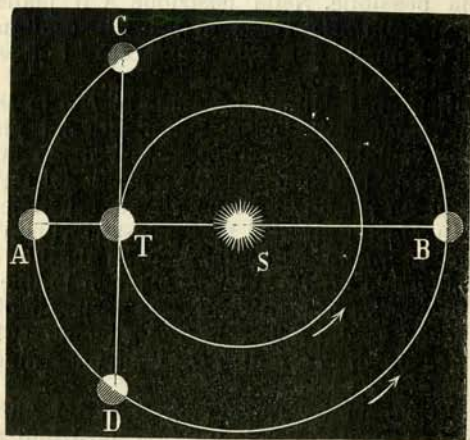



Fig. 31.

esteriore può occupare, alcuni meritano una considerazione speciale.

Se il pianeta si trova in *B*, si trova cioè dietro del Sole rispetto allo spettatore che si suppone in *T*, questi non lo vedrà perchè esso sarà od occultato dal globo stesso del Sole, o per lo meno reso invisibile dallo splendore di questo; dicesi in questo caso che il pianeta è in *congiunzione col Sole*.

Se il pianeta passa da *B* in *A*, la Terra rimanendo per ipotesi sempre in *T*, esso non solo sarà visibile di notte, ma giungerà anche al massimo del suo splendore e del suo diametro apparente, vedendosi allora il suo disco tutto illuminato, ed essendo inoltre la sua distanza dalla Terra la più piccola possibile. Nella posizione *A* il pianeta si trova, rispetto alla Terra, in direzione esattamente opposta a quella del Sole, e per ciò si dice che esso è allora in *opposizione*.

In altri punti dell'orbita, come in *C* e in *D*, solo una porzione della parte illuminata del pianeta diventa visibile dalla Terra, ed il disco suo in conseguenza può non apparire pieno del tutto. Si tratta di un difetto di forma che è sensibile soltanto in Marte; gli altri pianeti esteriori non l'accusano in modo percettibile, e sembrano quasi costantemente affatto rotondi. Quando la linea che dalla Terra va al pianeta diventa perpendicolare a quella che va dal Sole alla Terra (come sulla figura accade di *TC* e di *TD*), il pianeta dicesi *in quadratura*.

Ogni pianeta esteriore può, visto dal punto *T*, prendere rispetto al Sole tutte le posizioni possibili, passare per la congiunzione, per l'opposizione, per le quadrature, mostrarsi a tutte le possibili distanze angolari dal Sole. Altrettanto non avviene di Mercurio e di Venere, che non possono mai apparire nè in opposizione nè in quadratura col Sole, come facilmente si rileva dal § II del presente capitolo.

§ V.

Notizie speciali sopra i pianeti esteriori.

MARTE.

140. Il quarto pianeta, in ordine di distanza dal centro del Sistema, e quindi il primo dei pianeti, rispetto alla Terra, esterni o superiori è Marte; esso gira intorno al Sole entro un'orbita di forma ovale alquanto allungata (eccentrica), il cui raggio medio misura, a un dipresso, 227 milioni di chilometri.

141. Il luogo dell'orbita in cui Marte si trova nelle condizioni più favorevoli per essere ben osservato dalla Terra è, come già si disse nel precedente paragrafo, il punto *A*, fig. 31. Il pianeta è allora nella sua opposizione col Sole, ci presenta il suo disco interamente illuminato, non è lontano in media da noi che 82 milioni di chilometri, mentre, nella congiunzione, si allontana in media fino a 388 milioni di chilometri circa (1).

Fra l'opposizione e le quadrature, § precedente, il disco di Marte non è pieno, ma presenta una leggiera fase simile a quella della Luna un po' prima e un po' dopo il plenilunio.

---

(1) Marte nelle sue opposizioni può avvicinarsi alla Terra fino a 59 milioni di chilometri, e può allontanarsene nelle congiunzioni fino a 407.

La distanza fra Marte e la Terra muta da una ad un'altra opposizione, secondo che questa avviene trovandosi il pianeta nell'uno o nell'altro punto dell'orbita sua, e ciò perchè questa essendo ovale e non circolare, ha nei diversi punti suoi distanze diverse dai punti più vicini dell'orbita terrestre.

I numeri dati nel testo sono, come più sopra già si notò, numeri medii fra quelli corrispondenti alle singole opposizioni e congiunzioni.

142. Marte in circa 687 giorni ($686^g\ 23^h\ 30^m\ 41^s$) compie una rivoluzione attorno al Sole; il tempo che la Terra impiega a compiere la sua rivoluzione intorno al Sole determina il nostro anno, e l'abbiamo dimostrato nel paragrafo VII del capitolo primo; 687 giorni terrestri rappresentano quindi ciò che per analogia può chiamarsi la durata dell'anno di Marte, e l'anno di Marte è per conseguenza poco meno che doppio di quello della Terra.

Marte in 24 ore circa ($24^h\ 37^m\ 23^s$) compie una rotazione intorno a sè medesimo; l'asse intorno a cui Marte ruota ha, per rispetto al piano della sua orbita, un'inclinazione poco differente da quella dell'asse terrestre sull'eclittica.

Dalla rotazione della Terra è determinato il nostro giorno (§ V, capitolo primo); dalla rotazione di Marte è determinato il giorno di chi in esso abitasse; i giorni della Terra e di Marte hanno quindi press'a poco la stessa durata.

L'inclinazione dell'equatore terrestre sull'eclittica determina sulla Terra la varia durata dei giorni e il succedersi delle stagioni diverse (§§ IX e X, capitolo primo), e poichè su Marte l'inclinazione dell'equatore all'orbita del pianeta è poco diversa dall'inclinazione analoga che alla Terra si riferisce, analoghe alle terrestri devono essere le stagioni di Marte.

Chi abitasse su Marte vedrebbe nell'intervallo di poco più che 24 ore la luce succedersi con perpetua vicenda alle tenebre nelle zone non troppo lontane dall'equatore; vedrebbe i giorni e le notti durare mesi interi nelle zone più prossime ai poli; vedrebbe in generale il giorno e la notte succedersi là come qui con uguali rapporti reciproci, con uguali differenze fra stagione e stagione, fra clima e clima; là come qui avrebbe due zone gla-

ciali o polari, due zone temperate, una zona torrida; doppia quasi della nostra avrebbe la durata dell'anno, e poco meno che doppie del pari avrebbe le durate delle singole stagioni.

V'è quindi una grande analogia fra Marte e la Terra, e questa analogia sarà vieppiù confermata da quanto si dirà qui sotto.

Non si è ben certi se Marte abbia la forma di una sfera perfetta, oppure ruoti esso pure, come la Terra, intorno ad un asse più corto che il suo diametro equatoriale ed abbia per conseguenza la forma di un ellissoide schiacciato ai poli della rotazione. Le ricerche più recenti paiono favorevoli alla forma sua ellissoidica, e danno per lo schiacciamento polare valori compresi fra 1 : 220 e 1 : 190. Certo è che Marte è più piccolo della Terra; il suo diametro medio di poco supera la metà di quello della Terra, e ne è i 0.53; la sua superficie è meno che i tre decimi della superficie della Terra; il suo volume è un settimo circa del volume della Terra.

143. Se si guarda Marte ad occhio nudo, esso ci appare di una tinta rossastra, che lo rende facilmente distinguibile da qualunque altro pianeta. Ma se lo si osserva con un buon telescopio, quella tinta uniforme scompare per lasciar luogo a macchie scure, che qua e là turbano lo splendore generale del suo disco. Sono macchie fisse e permanenti, che in 60 anni e più non hanno mutato forma ed aspetto; non poche sono cupe; hanno estensioni diverse, e van separate le une dalle altre da macchie meno scure, più lucenti, diversamente colorate. Striscie lunghe e nere attraversano le macchie lucenti, e rilegano le oscure. Macchie e striscie formano un intreccio complicato di dettagli difficili a decifrare, ricchi di contrasti di colore, di gradazioni e sfumature di ombre e di luce.

Sull'emisfero australe le macchie oscure (mari) sono più grandi, più numerose, più forti e meglio

Fig. 31 *bis.*

definite. Sull'emisfero boreale predominano le macchie lucenti (continenti), e, attraverso ad esse, stri-

scie scure (canali) variamente s'intrecciano formando strane poligonazioni.

Sull'uno e sull'altro emisfero macchie e striscie dànno luogo a configurazioni geografiche analoghe per aspetto a quelle della Terra, si che, vedendole, le parole continente, mare, isola, itsmo, stretto, golfo, penisola, promontorio, seno, canale e via sorgono spontanee nella mente e corrono al labbro. Appartengono queste configurazioni alla superficie immutabile del pianeta, e le si conoscono oramai tanto sicuramente che con esse si riesce a formare carte di Marte, le quali prendono il nome di carte *aregrafiche*, perchè analoghe alle carte delle configurazioni della superficie terrestre ossia alle carte geografiche.

La fig. 31 *bis* qui di contro rappresenta, cosi come esige il formato, in piccolo una carta generale di Marte tratta dai lavori dello Schiaparelli.

144. Sul disco di Marte esistono due macchie permanenti, dalle altre diversissime e che meritano una menzione speciale. Sono due macchie bianche e splendenti come neve, che occupano le regioni circostanti ai due poli di rotazione del pianeta. Esse si restringono durante l'estate del rispettivo emisfero, si ricostituiscono durante l'inverno.

Ciascuna di esse all'approssimarsi della stagione calda del proprio emisfero incomincia a restringersi, a diminuire nella sua parte periferica, e va progressivamente riducendo la sua grandezza fino a circa due mesi e mezzo dopo il rispettivo solstizio, a partire dal quale succede un lento incremento delle dimensioni sue, incremento che continua per tutta le stagione invernale.

La similitudine di posizione e di colore colle nevi dei poli terrestri è perfetta; come le nostre

nevi polari, esse subiscono variazioni dipendenti dalle stagioni o dalle più o meno intensa irradiazione del Sole a cui van soggette; supporre quindi che esse sieno qualche cosa di analogo alle nostre nevi, che esse sieno realmente masse di materia congelata e cristallizzata, è fare una supposizione non

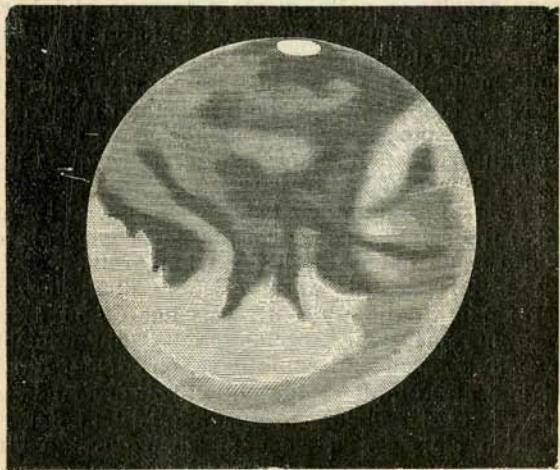



Fig. 32.

solo probabilissima ma di certezza quasi assoluta.

I due disegni (fig. 32 e 33) rappresentano la macchia bianca del polo australe di Marte in due posizioni diverse del pianeta.

145. Oltre alle macchie fisse e permanenti, su Marte si osservano talora macchie mutabili, transitorie, fugaci. Si formano con vicenda più o meno

rapida, si muovono, si deformano, si allungano in diverse maniere, e qualche volta si sciolgono in filamenti paralleli; nascondono per qualche tempo i dettagli ben noti della superficie del pianeta, quasi fossero un velo; si sciolgono, scompaiono e i dettagli superficiali riappaiono.

Fig. 33.

Evidentemente Marte è circondato da un'atmosfera, e le macchie sue transitorie sono intorbidamenti momentanei della sua atmosfera. Sono nebbie e nubi dell'atmosfera di Marte; e poichè ghiacci e nevi polari esistono sulla superficie di Marte; e poichè ghiacci e nevi che si squagliano e si ricostituiscono non si sanno immaginare senza masse

liquide sulla superficie del pianeta, senza vapori da queste generati e successivamente condensatisi; e poichè infine osservazioni, delle quali qui non è opportuno parlare, dimostrano che nell'atmosfera di Marte vapori d'acqua esistono, sono nebbie e nubi probabilissimamente analoghe alle terrestri.

Da qualunque punto di vista lo si consideri, Marte presenta una somiglianza grandissima alla Terra. Somiglianza non vuol però dire identità. La natura non copia mai sè stessa, e Marte, pur ricordando molto da vicino la Terra, ne è per certi riguardi molto diverso; ha una meteorologia propria che non è la terrestre, presenta dettagli sul suolo suo che sulla Terra non hanno riscontro alcuno.

Caratteristici su Marte sono i canali. Una linea di un color rosso-bruno poco più oscuro del fondo dal quale si stacca, talora intensamente nera, in ogni caso ben definita, quasi tracciata a penna, uniforme e regolare in tutta la sua lunghezza, attraversa la superficie rossastra del pianeta (fig. 31 *bis*). Per analogia la si chiama un canale, ma di essa la natura vera è finora un enigma.

Si osservano nei canali di Marte variazioni sensibili: a certe epoche essi divengono invisibili: a certe altre cambiano di larghezza, e da un filo appena percettibile si trasformano in una riga nera perfettamente e facilmente visibile. Appaiono per tal modo diversamente intensi, e le variazioni di intensità si estendono in un dato canale simultaneamente a tutta la sua lunghezza, ed avvengono bruscamente senza transizione apprezzabile. Se si tratti di un canale che con altri si incontri e da essi venga diviso in più parti o sezioni, l'intensità sua rimane uniforme in ognuna delle sezioni, pur essendo diversa da una ad un'altra

sezione. La rete alla quale nel loro insieme i canali danno origine (fig. 31 *bis*) non ha quindi nulla di stabile, e ad epoche poco lontane presenta aspetti e disegni assai diversi.

Il fenomeno più curioso presentato dai canali di Marte è quello che lo Schiaparelli chiamò la geminazione loro.

In pochi giorni, forse in poche ore, per un processo di trasformazione di cui i dettagli sono fino al presente sfuggiti, un canale si presenta doppio e formato di due striscie ordinariamente uguali e parallele. In apparenza sono l'una all'altra vicinissime, in realtà la loro distanza varia da 6 a 12 gradi di circonferenza di circolo massimo del globo di Marte, da 350 a 700 chilometri. L'una delle striscie conserva talora il luogo del canale primitivo; talora nè l'una nè l'altra delle nuove formazioni coincide coll'antico canale.

Le geminazioni si producono per una rapida metamorfosi, ma non tutti i canali si geminano insieme nello stesso momento. Il fenomeno loro pare regolato dal periodo delle stagioni di Marte, e avviene principalmente un po' dopo l'equinozio di primavera del pianeta e un po' prima dell'equinozio di autunno: esse scompaiono in gran parte all'epoca del solstizio boreale, scompaiono tutte all'epoca del solstizio australe di Marte; alcune ben visibili in una data opposizione del pianeta, non si vedono affatto nelle opposizioni successive.

Quel che sieno in realtà i canali di Marte non si può ancora dire. Supposero alcuni che Marte sia occupato tuttora da immensi ghiacciai, che le sue lunghe stagioni singolarmente favoriscano lo svolgimento e lo scompiglio periodico delle sue grandi masse di ghiaccio, che i così detti canali sieno crepacci di ghiaccio. Ma questa ipotesi glaciale non è

guari sostenibile, contraddetta come è dalla fusione dei ghiacci polari che su Marte succede ogni estate in modo più rapido che da noi, e al polo australe quasi completamente. D'altra parte l'ipotesi che i canali siano percorsi da masse liquide, l'ipotesi che essi sieno grandiosi manufatti, l'ipotesi che essi provengano da speciali vegetazioni o colture, e ogni altra ipotesi che si possa immaginare dietro analogie tratte dalla Terra punto si accorda con la nessuna fissità loro e con le altre apparizioni lungo essi osservate.

Le geminazioni sopratutto rimangono ribelli ad ogni spiegazione; non sono permanenti e connesse indissolubilmente con la superficie solida del pianeta; paiono piuttosto formazioni transitorie e capaci di riprodursi, ma che cosa siano non si sa, nè mancano coloro i quali dubitano della loro realtà e le considerano come apparenze ottiche subiettive. Secondo alcuni anzi i canali stessi indicherebbero soltanto confini di regioni inugualmente tinte, oppure provverrebbero da una integrazione ottica di dettagli troppo piccoli per essere visti l'uno dall'altro distinti.

La verità si è che se si paragonano le carte di Marte uscite dal 1840 al 1903, si nota in esse un grande e graduale progresso. Tutte accennano all'evoluzione compiutasi nelle cognizioni nostre intorno alle configurazioni della superficie del pianeta, tutte riproducono una complessità sempre maggiore di dettagli. Della maggior parte di questi dettagli non sappiamo però ancora darci ragione, e quanti si occupano seriamente di essi ammettono, loro malgrado, che troppo piccolo è ancora il numero delle osservazioni, degne di tal nome, sovr'essi fatte, perchè sia possibile determinare con critica sicura quale fra le varie ipotesi

eccitate dalla loro indefinita varietà sia la preferibile.

146. Fino agli ultimi tempi si è creduto che Marte, come Mercurio e Venere, fosse privo di satelliti. Ma nell'agosto del 1877, essendosi il pianeta avvicinato molto alla Terra, riusci all'astronomo americano professore Hall, armato di un gigantesco telescopio, di scoprirne due piccolissimi, i quali si aggirano intorno al pianeta a poca distanza da esso, l'uno, *Phobos*, nel periodo di circa 8 ore, l'altro, *Deimos*, di 30 circa. Questi sono da contarsi fra i più piccoli corpi del Sistema planetario, e, a giudicare dalla poca luce che mandano, si può stimare che il loro diametro non possa di molto eccedere le quindici miglia (1).

GLI ASTEROIDI O PICCOLI PIANETI.

IL PICCOLO PIANETA EROS.

147. Dopo Marte, nella regione del cielo che si estende fra questo pianeta e Giove, circolano gli *asteroidi* o piccoli pianeti ad una distanza media dal Sole pressochè settupla di quella di Mercurio. Il loro numero è ora uguale a 512, ma non passa anno, non passa quasi mese senza che se ne scopra qualcuno.

Sono disseminati sopra una estensione larga tre volte circa la distanza che in media separa la Terra dal Sole; sono tutti piccolissimi e, tranne i principali, non superano in isplendore le stelle di 10ª grandezza: soltanto uno di essi, Vesta è abbastanza grande da diventar qualche volta visibile all'occhio nudo, quando si trova nella sua maggior

---

(1) Sappiamo ora che il diametro di Phobos misura appena chilometri 9,5; quello di Deimos chilometri 8,4.

vicinanza alla Terra. Ve ne sono anche di cosí piccoli da non avere una superficie eccedente l'estensione di una delle nostre provincie.

A cagione della loro esiguitá non è meraviglia che nulla di ben sicuro siasi potuto saper finora circa la loro costituzione fisica.

Notevole fra tutti è il piccolo pianeta Eros, contrassegnato dal numero (433). Scoperto nell'agosto del 1898 dall'astronomo tedesco G. Witt, fu in seguito rintracciato su parecchie fotografie del cielo fatte anteriormente all'osservatorio Harvard, in Cambridge S. U., nei giorni 4 e 5 di giugno del 1896. Colle osservazioni del 1896 e del 1898 fu possibile calcolare del pianeta un'orbita abbastanza precisa, e per mezzo delle posizioni di Eros da essa determinate ritrovare il pianeta in altre fotografie del cielo eseguite anteriormente a cominciare dal 1903. Dimostrano esse che nell'ottobre del 1893 il pianeta era di decima grandezza, che il suo splendore crebbe rapidamente fino a diventare di settima grandezza nel gennaio del 1894, che nel marzo successivo era già di nona soltanto, che poco dopo verso la fine dell'aprile, era tornato di decima. Permisero esse una ulteriore elaborazione dell'orbita del pianeta alla quale attese l'astronomo italiano E. Millosevich, che pose inoltre a base dei proprii calcoli le migliaia di osservazioni fatte in molte specole nel 1898, nel 1899, nel 1900 e nel 1901.

Gli elementi dell'orbita di Eros accennano ad un astro il quale si muove nello spazio a grande distanza dallo sciame dei piccoli pianeti, e il quale portato dal suo movimento orbitale si avvicina al Sole ben più che Marte, si avvicina alla Terra molto più che ogni altro dei pianeti noti. Mentre i piccoli pianeti si osservano ad una distanza dal Sole uguale in media a 394 milioni di chilometri,

la media distanza di Eros dal Sole è, sempre in milioni di chilometri, espressa dal numero 217. Mentre Marte nel punto dell'orbita suo più vicino al Sole dista da questo 205 milioni di chilometri in cifra tonda, Eros si avvicina al Sole fino a prendere da esso la distanza minima di 166 milioni di chilometri. Mentre fra i piccoli pianeti quelli che più si avvicinano alla Terra ne distano ancora 119 milioni di chilometri, mentre Venere e Marte nella loro vicinanza massima alla Terra restano da questa a distanze rispettivamente di 37 e di 54 milioni di chilometri, Eros alla Terra si avvicina fino a soli 22 milioni di chilometri.

Per la grande vicinanza alla Terra in alcuna delle sue opposizioni, per la piccolezza del suo diametro apparente, uguale al più a un quarto di minuto secondo d'arco, Eros è nel Sistema solare l'astro meglio atto a determinare la precisa distanza che separa il Sole dalla Terra, e a tale scopo numerose osservazioni sistematiche internazionali furono fatte durante la sua opposizione del 1900-1901.

Per lo splendor suo che, in causa delle diversissime distanze che esso prende in tempi diversi dalla Terra, oscilla fra la sesta e la duodecima grandezza, Eros diventa anche dal punto di vista fotometrico uno degli astri più attraenti. Si potrà per esso verificare la ben nota legge per la quale si ritiene che l'intensità della luce varia in ragione inversa del quadrato delle distanze; si potrà per esso ad un tempo stabilire se nel sistema del Sole esista o no un mezzo capace di assorbire e di estinguere fino a un certo punto la luce. Già le osservazioni del 1901 diedero al riguardo risultati non aspettati, e dimostrarono che lo splendore di Eros è soggetto a fluttuazioni di corto periodo, le quali per altro non sembrano permanenti.

GIOVE.

148. Giove, dopo il Sole, tiene nel Sistema solare il primo posto; è il più grande di tutti i pianeti conosciuti; il suo splendore apparente, malgrado la tanto maggiore sua distanza dal Sole, è poco inferiore al massimo splendore di Venere; non è però possibile confondere l'uno coll'altro pianeta, perchè Venere spessissimo scintilla al pari di una stella, mentre la luce di Giove è sempre tranquilla.

Giove muovesi ad una distanza media dal Sole di circa 774 milioni di chilometri, epperò la sua orbita, che esso percorre in 4332 giorni (quasi 12 anni), include tutte quelle degli asteroidi.

Ogni 400 giorni all'incirca Giove si trova alla sua minima distanza dalla Terra: allora esso si presenta nelle condizioni più favorevoli all'osservazione dei fenomeni singolari del suo disco splendente, il suo diametro apparente arrivando ad essere press'a poco la quarantesima parte di quello del disco lunare.

149. Le dimensioni effettive di Giove sono enormi, e si calcola che esso col suo volume occupa uno spazio sufficiente a contenere 1431 globi eguali alla Terra. Per formarsi un'idea approssimata del grande e poderoso pianeta, si pensi che un treno celerissimo, il quale viaggiasse giorno e notte senza interruzione colla velocità di 50 chilometri all'ora, impiegherebbe un anno e un terzo di mese circa a farne il giro.

150. La figura di Giove non è esattamente quella di una sfera. Essa è sensibilmente ovale, e Giove rapidamente ruota intorno a sè medesimo; verso i poli appare compresso; appar rigonfio verso l'equatore. Anche la Terra è schiacciata ai poli, ma

in Giove lo schiacciamento è assai più sensibile e lo si riconosce a colpo d'occhio; il suo diametro equatoriale è infatti di circa un sedicesimo più grande che il polare.

Giove compie intorno al suo asse polare una rotazione completa in meno di 10 ore, (9^h 55^m), e lo dimostrarono alcune macchie del suo disco attentamente e per qualche tempo osservate. I punti dell'equatore di Giove percorrono quindi in meno di 10 ore una circonferenza lunga 450 mila chilometri, e si muovono colla velocità di 45 e più mila chilometri all'ora. È una velocità vertiginosa, e a persuadersene pensi il lettore che in grazia della rotazione terrestre un punto del nostro equatore si muove colla velocità di soli 1667 chilometri all'ora.

Alla superficie di Giove, i corpi, a motivo della enorme massa del pianeta (1), debbono pesare poco meno che il triplo (2) di quello che pesano sulla Terra, ma questo peso, d'altra parte, viene moderato nelle regioni equatoriali da una grande forza centrifuga dovuta alla straordinaria velocità di rotazione.

L'asse intorno a cui Giove ruota è quasi perpendicolare al piano dell'orbita sua. Le conseguenze generali di questo fatto già furono indagate al capo 45 del paragrafo IX del capitolo primo. Per esso in Giove si ha una uniforme variazione di climi dall'equatore ai poli, e poco sensibili sono le diversità fra l'una e l'altra delle sue lunghe stagioni, in quanto almeno climi e stagioni dipendono dalla radiazione del Sole.

---

(1) Massa che è 317 volte circa quella della Terra.

(2) Per calcolare questo numero bisogna tener conto, oltre che della massa, anche del diametro del pianeta, che si può ritenere 11 e più volte il diametro terrestre.

151. Osservando Giove con un buon cannocchiale, se ne vede il disco brillante attraversato da parecchie striscie o bande scure sensibilmente parallele all'equatore.

Lunghesso quest'ultimo salta all'occhio una larga zona bianca e lucida che, a mo' di fascia non in-

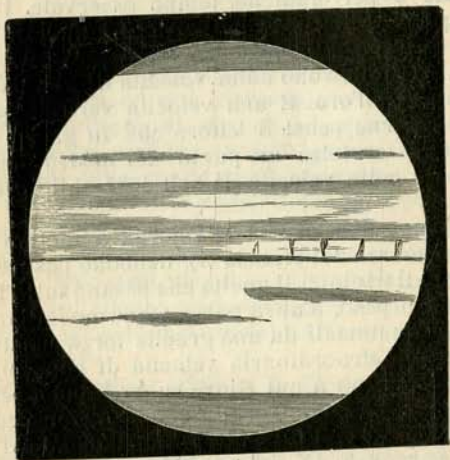



Fig. 34.

terrotta, circonda intorno intorno tutto il corpo del pianeta. Ai lati di essa due altre fascie di color grigio-scuro quasi plumbeo, d'ampiezze press' a poco uguali, cingono di qua e di là dall'equatore e parallelamente ad esso tutto il pianeta. Più oltre verso nord e verso sud, su ciascuno degli emisferi, altre e molte striscie si osservano alternativamente

bianche ed oscure, tutte però più strette e pallide delle equatoriali, tutte limitate ad un breve tratto di superficie, talune anzi bruscamente terminate, quasi rotte. A misura che dall'equatore uno si avvicina ai poli la tinta generale del pianeta diventa più

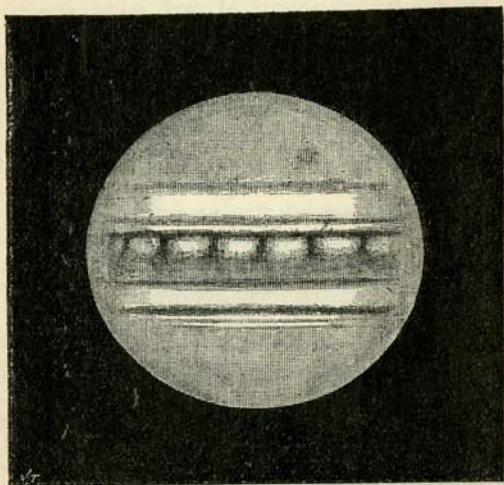



Fig. 34 *a*.

omogenea e grigiastra, e le regioni polari appaiono d'ordinario azzurrognole.

152. Tale è l'aspetto generale, la figura tipica della superficie di Giove, quale d'ordinario si osserva, quale talora per mesi interi perdura, e quale è sommariamente indicata dalle nostre figure 34, 34 *a* e 34 *b*. Essa però non conservasi sempre uguale a sè medesima.

Le maggiori fascie, le minori striscie non hanno struttura uniforme, nè presentano in ogni loro parte una identica intensità luminosa; in alcuni tratti più lucide, in altri meno; in alcuni tratti cupe come per maggior addensamento di materia, in altri te-

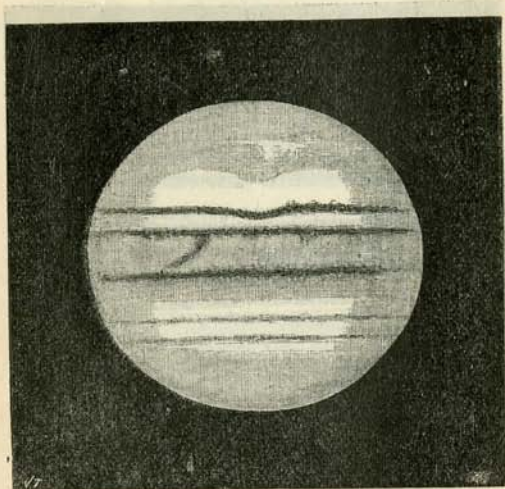



Fig. 34 *b.*

nui quasi formate di materia rarefatta. Tal luogo loro che oggi appare denso ed intensamente oscuro, quasi un nodo nella loro struttura generale, cambia in seguito per intero e intensità e splendore; i margini stessi hanno esse mutabilissimi; talora distinti, netti, continui, tale altra qua e là interrotti con insenature, sporgimenti e bracci laterali.

La gran fascia equatoriale, bianca generalmente, appare talora rossa, talora verdognola, talora giallastra, passando per una grande varietà di tinte dalla rossa alla gialla. Ed essa e le due fascie laterali cambiano talora rapidamente e forma e colore; fiumane grandi e nere spingonsi talora violentemente nella grande zona equatoriale del pianeta, fig. 34 *a*, e la separano in molte e distinte regioni, e allora par quasi che una forza gagliardissima sconvolga tutta quanta la massa superficiale e visibile del pianeta.

Eccezionalmente appaiono su Giove macchie singolari, con caratteri proprii e diversi da tutto ciò che le circonda. Scompaiono, si trasformano profondamente le striscie e le fascie a loro d'intorno, ed esse perdurano mesi ed anni partecipando solo al moto generale di rotazione del pianeta (1).

153. Non è facile spiegare queste macchie temporariamente permanenti; non è facile nemmeno spiegare le variazioni di colore, di forma, di splendore, di struttura per le quali passano estesissimi tratti della superficie di Giove; è difficile dire a quali profondità possono arrivare gli sconvolgimenti della sua superficie.

Probabilmente Giove è in tutto od in massima

---

(1) È famosa fra tali macchie quella apparsa nel mese di luglio del 1878, subitamente cospicua, intensamente rossa, di forma ovale, e situata nell'emisfero australe sul confine fra la zona tropica e temperata del pianeta. Anni e anni perdurò, passando per gradi diversi di splendore. Nel 1902 divenne così pallida che il suo contorno appena lo si poteva seguire con molta incertezza; durante il 1903 scomparve affatto, solo il luogo da essa anteriormente occupato apparve lucido, più splendente assai che ognuna delle fascie del pianeta. Va questa vasta macchia rossa dissolvendosi, oppure è da aspettarsi un prossimo suo ritorno alle apparenze del 1878? È impossibile dare oggi una risposta sicura.

parte ancora fluido; la sua massa fluida e di grande densità è probabilmente in preda a sconvolgimenti continui; forse le fascie di Giove sono dovute a vapori che violentemente erompono da grandi profondità al di sotto della sua superficie visibile; forse le macchie di Giove sono vapori che dalle viscere del pianeta per lungo tempo vengono eruttati e lanciati fin nelle più alte regioni della sua atmosfera; forse su Giove l'elettricità esercita azioni potenti; forse Giove è in un periodo di violenta trasformazione, e attraversa uno stadio di esistenza che la Terra da secoli e secoli ha passato.

Certo è che quanto oggi succede su Giove non si può ragionevolmente spiegare per mezzo di analogie tratte dai fenomeni attuali della Terra. Giove non è solo un pianeta immenso, rispetto al quale la Terra appare come un pisello a lato d'una melarancia, ma è un mondo dalla Terra interamente diverso quanto allo stato e modo di essere della sua materia. Sovr'esso noi non possiamo immaginare continenti e mari e atmosfera in condizioni analoghe alle terrestri, così come abbiamo fondamento di fare per Mercurio, per Venere e più ancora per Marte. Giove è una massa tuttora fluida, dotata di grande densità, forse di calore grandissimo, certo di grande instabilità.

154. Giove, come già più sopra si disse, ha cinque satelliti che come lune si aggirano intorno ad esso, e con esso formano un mirabile Sistema minore nel maggior Sistema del Sole.

Quattro dei satelliti furono trovati contemporaneamente nel 1710 da Galileo, e segnano la prima scoperta astronomica fatta con cannocchiali; uno fu scoperto nel 1892 dall'astronomo americano Barnard; fu in seguito riosservato e parecchie volte riveduto, ma non è accessibile che ai più potenti

cannocchiali del mondo. Furono a questi satelliti dati nomi speciali poco accettati, e si preferisce distinguerli l'uno dall'altro cogli appellativi affatto aritmetici di primo, secondo, terzo, quarto e quinto.

I primi quattro sono i galileiani; hanno tutti un diametro maggiore di quello della Luna, e per ciascuno di essi il seguente quadro numerico dà: la distanza dal centro di Giove espressa in raggi equatoriali di questo: la durata della rivoluzione intorno a Giove espressa in giorni, ore, minuti primi e secondi: il diametro espresso in chilometri, e in numeri ancora abbastanza incerti.

Satellite	Distanza dal centro	Durata della rivoluzione	Diametro
I	5,94	1^g 18^h 27^m 33^s	3814
II	9,46	3 13 13 42	3413
III	15,08	7 3 42 33	5580
IV	26,54	16 16 32 11	4771

Il quinto satellite è dei precedenti molto più vicino al pianeta, e per questa vicinanza difficilissimo a rintracciare. Esso compie una rivoluzione attorno a Giove in meno di 12 ore (11^h 57^m 22^s,6), e mentre i quattro satelliti galileiani splendono in cielo come stelle di sesta grandezza, esso ha una grandezza apparente non superiore alla tredicesima. A farsi un qualche concetto di queste grandezze sesta e tredicesima, sulle quali torneremo in altro capitolo, pensi il lettore che diconsi di sesta grandezza le ultime stelle visibili ad occhio nudo, di sedicesima le ultime viste coi grandi cannocchiali moderni sul fondo del cielo.

155. I satelliti galileiani percorrono tutti, eccetto il quarto, orbite assai poco inclinate sul piano dell'orbita del pianeta; ne segue che ogni qualvolta essi passano fra Giove e il Sole, v'ha quasi sempre

per qualche luogo della superficie del pianeta eclisse solare; le eclissi prodotte dal quarto satellite sono più rare, perchè la sua orbita è, rispetto all'orbita di Giove, un po' più inclinata di quelle degli altri tre; le eclissi prodotte da questi tre sono invece frequentissime.

156. Osservati con un buon cannocchiale, i moti revolutorii dei satelliti galileiani, a motivo della poca inclinazione delle orbite loro sull'orbita di Giove, e della poca inclinazione di questa sul piano dell'eclittica, ci appaiono quali moti oscillatorii rispetto al pianeta; vediamo cioè i satelliti stessi passare alternativamente da una parte all'altra del disco di Giove, e brillare ora a destra ora a sinistra di esso.

In ciascuna di queste oscillazioni, ogni satellite passa una volta fra la Terra e Giove, una volta dietro di Giove; nel primo caso ha luogo un *transito o passaggio* del satellite sul disco di Giove; nel secondo caso ha luogo od una *eclisse* od una *occultazione* del satellite stesso.

Se quando accade il passaggio di un satellite noi ci troviamo fuori della linea che va dal Sole a Giove, il corpo del satellite non potendo in tal caso nascondere agli occhi nostri l'ombra che esso getta dietro di sè, noi vediamo l'ombra stessa, proiettata sul disco del pianeta, passare sovr'esso come un punto nero.

157. L'eclisse di un satellite avviene, come per la nostra Luna, quando esso entra nel cono d'ombra proiettato nello spazio da Giove; l'occultazione avviene quando esso passa semplicemente dietro il disco del pianeta.

Allorchè noi ci troviamo lontani della retta che va dal Sole a Giove, questo non può nasconderci col suo corpo l'ombra che esso proietta; può ac-

cadere allora che un satellite scompaia alla nostra vista prima di toccare il lembo del disco del pianetra dietro cui deve passare, e ciò appunto perchè entra prima nell'ombra proiettata dal pianeta; quando tutto questo si avvera succede per l'appunto quello che chiamato abbiamo l'eclisse di quel satellite (fig. 35).

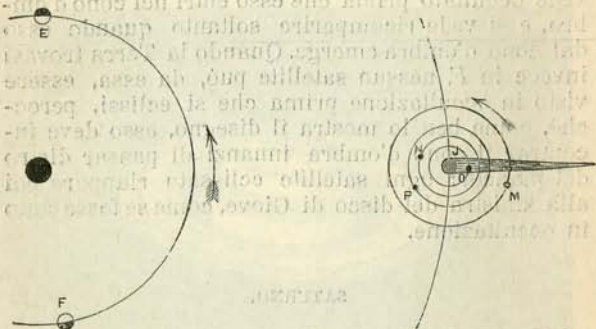



Fig. 35.

158. S'intenderanno meglio le cose appena dette osservando appunto la figura 35, nella quale i circoletti *E, F* rappresentano la Terra in due posizioni particolari della sua orbita; il circoletto *J* rappresenta il corpo di Giove in un punto determinato della sua orbita; il cono che s'appoggia su *J* rappresenta il cono d'ombra che Giove proietta nello spazio in direzione opposta al Sole; i quattro circoli attorno ad *J* rappresentano le orbite dei quattro satelliti galileiani; i punti *N*, *P*, *O*, *M*, rappresentano i satelliti stessi in un luogo speciale della rispettiva orbita.

Allorchè la Terra si trova nel punto *E* della sua orbita, il satellite *N* è per essa Terra nel suo passaggio; il satellite *M* sta, prima per essere occultato, poi per eclissarsi ed emergere dal cono d'ombra abbastanza lontano dal disco di Giove; il satellite *O*, sempre per la Terra in *E*, non è visibile, perchè eclissato ed occultato nel medesimo tempo.

Dalla posizione *E* della Terra ogni satellite si vede occultato prima che esso entri nel cono d'ombra, e si vede ricomparire soltanto quando esso dal cono d'ombra emerge. Quando la Terra trovasi invece in *F*, nessun satellite può, da essa, essere visto in occultazione prima che si eclissi, perocchè, come ben lo mostra il disegno, esso deve incontrar il cono d'ombra innanzi di passar dietro del pianeta: ogni satellite eclissato riappare poi alla sinistra del disco di Giove, come se fosse stato in occultazione.

SATURNO.

159. Questo pianeta offre, osservato con un buon telescopio, il magnifico spettacolo di un globo di diametro sensibile, circondato da 8 satelliti e da un grande anello luminoso (fig. 36).

Esso è in media lontano 1418 milioni di chilometri circa dal centro del nostro Sistema, e intorno ad esso si aggira compiendo un intero giro in press'a poco 29 anni e mezzo (1).

Dopo Giove è il più grosso pianeta del nostro Sistema, misurando il suo diametro circa nove (9,299) diametri terrestri; sotto un volume così grande però, esso contiene una massa che è solo

(1) 29 anni; 166 giorni e qualche ora.

una piccola frazione (3 decimi circa) della massa di Giove, e circa i 13 centesimi di quella che contener dovrebbe se la densità media dei materiali suoi fosse eguale a quella dei materiali onde la Terra è formata, ciò che significa essere la densità della materia onde Saturno risulta assai piccola.

La luce di Saturno è tranquilla e bianca; il suo

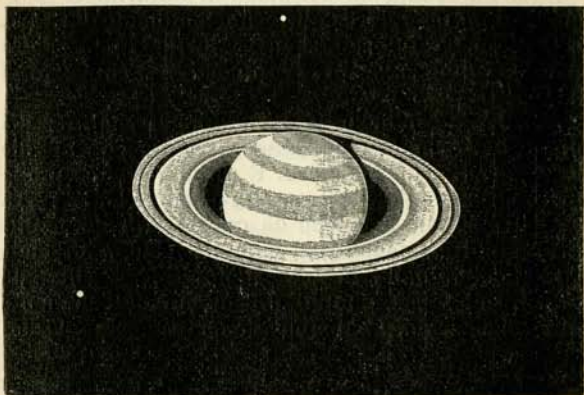



Fig. 36.

splendore è pari a quello delle stelle più lucide, ma non raggiunge mai nè quello di Giove, nè quello di Venere. Per gli astrologi Saturno fu l'astro della melanconia e delle sventure.

Durante la sua rivoluzione attorno al Sole, or più or meno si allontana dalla Terra, e prende da essa tutte le distanze comprese fra 1196 e 1654 milioni di chilometri; cambia per conseguenza di grandezza apparente, e lo si vede talora sotto un

angolo di 21 secondi d'arco, tale altra sotto uno di 15, più sovente sotto angoli che stanno fra i due.

160. Saturno ha forma ovale, e ruota rapidissimamente intorno a sè, compiendo in circa 10 ore ($10^h\ 16^m\ 0^s$) una rotazione. Si dedusse questa durata dalla osservazione di alcune macchie che qualche volta, sebbene raramente, si scorgono sul suo disco (1).

Lo schiacciamento del disco di Saturno è sensibilissimo, maggiore dello schiacciamento di Giove, e il diametro intorno a cui Saturno ruota sta a quello equatoriale press' a poco nel rapporto di 8 a 9.

161. L'asse intorno a cui Saturno ruota fa col piano dell'orbita in cui esso si rivolge un angolo di 64 gradi e mezzo circa. È un angolo non molto diverso da quello che l'asse di rotazione della Terra fa coll'eclittica, e poichè da questo angolo, come a lungo si è spiegato nel capitolo primo, dipende l'andamento delle nostre stagioni, lecito diventa arguire che, per quanto dipendono dall'elemento qui considerato, analoghe alle terrestri sono le sta-

---

(1) Una macchia osservata su Saturno nel 1876 diede un periodo di rotazione del pianeta uguale a $10^h\ 14^m\ 23^s\ 8$: un'altra macchia osservata nel 1903 diede per esso periodo il valore $10^h\ 39^m\ 21^s,1$.

La macchia del 1876 apparteneva alla zona equatoriale del pianeta, quella del 1903 alla zona che va da 30 a 45 gradi di latitudine boreale.

È quindi probabile che in Saturno le macchie sotto diverse latitudini diano durate di rotazione sistematicamente diverse; è probabile ancora che Saturno ruoti più rapidamente all'equatore che sotto latitudini dall'equatore lontane; ma è più ovvio e fondato ammettere che le diverse durate di rotazione dedotte dalle osservazioni di macchie diverse provengono da moti proprii delle macchie stesse contemporanei a quello sistematico prodotto dalla rotazione del pianeta, e da ciò che la superficie di Saturno e forse l'intera sua massa sono in preda a sconvolgimenti continui.

gioni di Saturno, astrazion fatta dalla loro lunghezza, la quale (essendo uguale al quarto della durata della rivoluzione del pianeta) su Saturno è sette volte circa più grande che non sulla Terra.

162. La superficie di Saturno, fig. 36, presenta striscie e fascie oscure, parallele al suo equatore, analoghe a quelle di Giove, di queste anzi più larghe, sebbene più difficili ad essere osservate.

Questa corrispondenza delle apparenze superficiali, altri fatti dei quali sarà più tardi discorso, portano a pensare che analoga a quella di Giove sia in questo momento la costituzione fisica di Saturno, che esso pure sia circondato da un'atmosfera molto densa, e che la sua massa sia dessa pure in tutto od in massima parte allo stato di fluidità.

163. Veniamo ora all'anello, di cui ho fatto cenno precedentemente, o megli agli anelli che sono la più bella particolarità la quale contraddistingua questo pianeta.

Una zona di materia disgregata, ma probabilmente non gasosa, e staccata dal pianeta per una distanza di circa 32 mila chilometri, lo circonda nel piano dell'equatore, estendendosi sopra una larghezza di circa 48 mila chilometri, con una grossezza o spessore non bene determinato che però certamente non sorpassa qualche centinaio di chilometri, fig. 36. Questa zona è costituita da tre anelli concentrici, separati fra loro da intervalli oscuri di sensibile larghezza; e questi stessi anelli sembrerebbero risultare ciascuno di altri più stretti.

Dei tre grandi anelli i due esterni sono assai più luminosi dell'anello interno, il quale sembra piuttosto una nebulosità e che perciò riesce appena visibile ne' forti telescopi.

Certamente la materia disgregata (nebulosa o

pulverulenta), di cui sono composti gli anelli, gira intorno al pianeta, e il tempo della rivoluzione è maggiore per le parti degli anelli che si trovano a maggiori distanze dal centro di Saturno (1).

164. I satelliti di Saturno non hanno per noi quell'interesse che hanno quelli di Giove, perchè la loro distanza e piccolezza ci rendono difficile e rara l'osservazione dei loro passaggi e delle loro occultazioni.

Il più vicino al pianeta è poco distante dal lembo esterno dell'anello, e gira intorno a Saturno in meno di un giorno. Il più lontano dista da Saturno 29 diametri di questo pianeta, e compie il suo giro in 79 giorni. Un solo di questi satelliti (cioè il sesto in ordine di distanza da Saturno), è visibile nei piccoli telescopi (2).

---

(1) Il mirabile insieme degli anelli di Saturno vedesi soltanto con forti cannocchiali.

In esso più volte furono osservate mutazioni notevoli, apparenze nuove, non vedute prima, non rivedute poi. Questa mutabilità è in accordo colle teorie meglio accettate intorno alla costituzione sua.

Secondo le medesime, gli anelli di Saturno non possono essere solidi e continui, e, questo ritenuto oramai per fermo e dimostrato, pensano alcuni che essi siano semplici aggregati di materia discontinua, quasi sciami di corpuscoli staccati che si aggirino attorno al pianeta, pensano altri che essi sieno invece masse fluide vischiose, l'oscuro eccettuato che potrebbe anche essere gaseiforme.

(2) Dei satelliti di Saturno uno fu scoperto già nel 1665, quattro lo furono fra il 1671 e il 1684, due nel 1789, uno nel 1848. Ordinati secondo le loro distanze crescenti dal pianeta, prendono in astronomia i nomi seguenti:

1. Mimas.	5. Rhea.
2. Encelado.	6. Titano.
3. Teti.	7. Iperione.
4. Dione.	8. Iapeto.

URANO.

165. Urano è il settimo dei nostri grandi pianeti, e fu agli antichi ignoto. All'occhio nudo esso appare come una stella di sesta grandezza, e quale stella fu appunto osservato nel 1690 e nel 1756. Solo nel 1781 fu riconosciuto il suo moto proprio apparentemente lentissimo, fu determinata l'orbita sua e scoperta la vera sua natura di pianeta.

Esso si aggira attorno al Sole ad una distanza da esso grandissima, ed in media uguale a 2851 milioni di chilometri; a percorrere la sua vasta orbita impiega 84 anni; visto attraverso ad un cannocchiale, il cui ingrandimento sia di almeno 100 diametri, appare come un dischetto pallido, largo apparentemente soli quattro secondi d'arco, di forma non esattamente circolare ma sensibilmente ovale; il suo diametro reale è più che quattro volte (4,64) quello della Terra, ed uguale quindi a 59171 chilometri.

Poco si può affermare con sicurezza intorno alla rotazione e alla costituzione fisica di Urano; pare che esso, come Giove e come Saturno, ruoti rapidissimamente intorno a sè medesimo, pare che attorno ad esso esista un'atmosfera densa, capace di esercitare sulla luce solare un'efficace azione assorbente.

In quale misura Urano sia ovale, e quale ne sia lo schiacciamento non si può ben dire, alcuni avendolo trovato piccolissimo, altri dando per esso valori che oscillano fra 1:10 e 1:14.

Col maggiore o minore schiacciamento della forma del pianeta è intimamente collegata la maggiore o minore velocità della sua rotazione.

Sul disco di Urano si avvertirono qualche volta

macchie pallide e striscie di colore diverso, dalle quali si potè indurre con sicurezza che Urano esso pure ruota rapidissimamente intorno a sè medesimo, ma non si potè con altrettanta sicurezza dedurre il tempo nel quale una rotazione si compie, incertissima essendo la durata di 10 ore circa trovata dall'astronomo Perrotin nel 1883.

L'incertezza delle nozioni nostre su Urano dipende specialmente da ciò che le osservazioni delle apparenze sue sono fra le più difficili, e richiedono, oltrecchè potenza non comune di cannocchiali, condizioni di atmosfera molto buone ed eccezionali. A portare quindi qualche luce sulle nozioni stesse, lasciata la via diretta delle osservazioni, si tentò di recente quella indiretta delle indagini teorico-matematiche.

La teoria insegna che lo schiacciamento della forma di un pianeta esercita sul movimento dei suoi satelliti un'azione, la quale è accusata da un moto speciale del grand'asse delle orbite loro. Fu quindi sottoposta ad attento esame l'orbita del satellite Ariel (v. il n. 166), e si trovò che il moto annuo del punto di essa orbita più vicino a Urano, in quanto dipende dallo schiacciamento di questo, è uguale a 14 gradi.

L'ellitticità della forma di Urano viene per tal modo confermata e messa fuori di dubbio. Resta ancora incerta la sua misura: secondo le ricerche teoriche fatte, il numero che meglio esprime lo schiacciamento di Urano sarebbe 1:17; il valore più probabile della durata della rotazione sua sarebbe uguale a 11 ore e mezza.

166. Quattro sono i satelliti di Urano; di alcuni altri satelliti è stata affermata l'esistenza, ma non sufficientemente provata.

I satelliti di Urano presentano una singolarità,

ed è che il loro moto di rivoluzione si effettua in un piano quasi perpendicolare a quello dell'orbita del pianeta, mentre tutti gli altri satelliti si muovono press'a poco nello stesso piano che il loro pianeta principale.

Sono fra gli oggetti del cielo più difficili ad essere veduti; furono denominati, Ariel, Umbriel, Titania, Oberon.

NETTUNO.

SE ALTRI PIANETI ESISTANO AL DI LÀ DI NETTUNO.

167. Nettuno, l'ultimo nella serie dei pianeti, compie intorno al Sole, e a grande distanza da esso, una rivoluzione in circa 165 anni (164,78). Esso segna oggi il confine noto del Sistema planetario, e poichè la distanza media di Nettuno dal Sole è uguale a 4468 milioni di chilometri, il Sistema planetario si estende ad uno spazio press'a poco circolare, del quale il diametro è di poco inferiore a 9 mila milioni di chilometri; è un diametro immenso ed a percorrerlo una palla da cannone, colla velocità di 500 metri al minuto secondo, impiegherebbe 570 anni.

168. Il diametro di Nettuno è circa 4 volte e mezzo (4,39) il terrestre, epperò Nettuno occupa col corpo suo un volume a riempire il quale occorrerebbero 85 globi grossi come la Terra.

Poco si può dire sulla costituzione fisica di Nettuno; alcuni fatti lasciano pensare che essa sia analoga a quella di Urano.

Finora non si conosce di Nettuno che un solo satellite, il quale compie intorno al pianeta il suo giro nel periodo di poco meno che 6 giorni ($5^g\ 21^h\ 2,^m7$); il suo moto è *retrogrado*, succede cioè da

est verso ovest, ossia nel verso opposto a quello secondo cui si muovono tutti i pianeti ed i satelliti di Saturno, di Giove, di Marte e della Terra.

169. È interessante il fatto della scoperta di Nettuno avvenuta nel 1846, imperocchè prova che, studiate le irregolarità del moto di un pianeta, e trovatane la causa nell'influenza esercitata su di esso da un corpo lontano, incognito, è possibile calcolare gli elementi fisici e astronomici di questo corpo, come la massa, il peso, e la posizione, i quali sono capaci di produrre quell'influenza. Così è accaduto per Nettuno che fu trovato dall'astronomo tedesco Galle nel luogo preciso del cielo assegnatogli da Le Verrier, dietro il calcolo delle perturbazioni osservate nel moto di Urano.

169 *bis*. Se al di là di Nettuno esistano o no uno o più pianeti finora ignoti è questione ardua, della quale astronomi di polso e di riconosciuta competenza si occuparono.

S. Newcomb fu dalle proprie ricerche condotto ad affermare che a spiegare i fatti finora osservati non vi è necessità alcuna di ricorrere all'esistenza di un pianeta trans-nettuniano.

W. Lau, il quale da tempo lavora a correggere le tavole dei movimenti di Urano e di Nettuno lasciate da Le Verrier, afferma: che la *teoria* di Le Verrier rappresenta perfettamente i movimenti di Urano e di Nettuno; che l'ipotesi di un unico pianeta trans-nettuniano è inammissibile; che a rappresentare i movimenti di Urano e di Nettuno è superfluo ammettere al di là di Nettuno parecchi pianeti perturbatori ignoti; che l'ipotesi di questi diversi pianeti ignoti è inoltre inverosimile, perchè nell'orbita di Nettuno non esistono perturbazioni del raggio vettore (distanza del pianeta dal Sole).

§ VI.

Comete, Stelle cadenti e Meteoriti.

170. La forza attrattiva della immensa massa solare si fa sentire ancora molto al di là dell'orbita di Nettuno; epperò mentre, come già s'è no-

Fig. 37.

tato, si dà il nome di Sistema planetario al gruppo dei corpi fin qui da noi passati in rapida rivista, quello che si chiama Sistema solare estendesi molto oltre i confini dello spazio occupato dai pianeti. Ne danno prova le comete periodiche, le stelle cadenti

ed i meteoriti, corpi celesti che sono venuti e vengono da lontanissime regioni a far parte, stabilmente o temporariamente, del Sistema planetario.

171. Chi ha veduto una cometa almeno una volta in vita sua, certo non ne avrà scordato il singo-

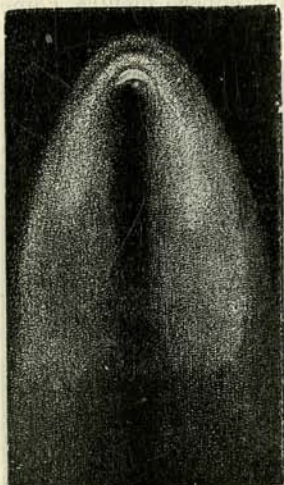



Fig. 38.

lare aspetto, e a chi non ne vide mai può la figura 37 darne una pallida idea.

I due disegni delle fig. 37 e 38, che riproducono: l'uno l'immagine della cometa Donati apparsa nel 1858, l'altro, in maggior scala, la forma del suo capo, non si devono per altro prendere per tipo di tutti gli astri che vanno sotto il nome di comete.

La parola cometa significa *astro chiomato*, ma non tutte le comete hanno quella specie di chioma, fig. 38, dalla quale prendono il nome; soventi esse hanno una coda, talvolta due o più, più soventi ancora esse appaiono come un punto brillante in mezzo ad un'aureola o nebulosità circolare; svariatissime sono in generale le forme loro, tanto varie che si può quasi dire non ve ne sian due affatto uguali fra loro (1).

172. Le comete presentano in generale verso il loro mezzo un punto, che dicesi *nucleo*, più splendente del resto della loro massa; quando hanno coda, questa è pur luminosa, ma meno del nucleo, e d'ordinario meno lunghesso la linea mediana che sui lembi; la coda fa l'effetto di una vaporosità tubulare che vada man mano diminuendo di densità dal nucleo alla estremità, e si perda quasi sfumando nello spazio.

Le dimensioni di molte comete sono veramente enormi; in compenso le densità delle loro masse sono relativamente piccolissime; la cometa di Donati ad esempio era splendidissima, seguita da coda che misurava in lunghezza molti e molti milioni di chilometri; eppure attraverso ad essa si pote-

(1) Le più grandi comete osservate mostrarono ad una ad una apparenze speciali, pur tutte avendo una fisionomia stessa, quasi di famiglia; le une bianche come d'argento, le altre rosseggianti, sanguigne; le une diritte come una lama di stilo, le altre curve come una scimitarra; le une sottili e lunghe, le altre corte e larghe; le une di larghezza uniforme, le altre aperte a mo' di ventaglio; tutte grandi però, tutte splendenti, fantastiche e trasformantisi con rapidità.

Non tutte le comete raggiungono grande splendore; molte, la più gran parte anzi, rimangono invisibili all'occhio nudo e vengono per ciò dette telescopiche; anch'esse però presentano forme diversissime, strutture irregolari, mutabili.

vano scorgere stelle debolissime che la più leggera nuvoletta avrebbe offuscate (1).

173. Le orbite delle comete hanno tutte le inclinazioni possibili rispetto al piano dell'eclittica; il moto delle comete è diretto per alcune, retrogrado per altre; le orbite loro sono in generale molto eccentriche, ossia allungatissime, e in ciò molto si differenziano delle orbite planetarie, le quali sono quasi circolari.

A cagione della grande distanza a cui le comete si allontanano dal Sole quando percorrono la parte più remota della loro orbita allungata, esse rimangono invisibili nella maggior parte del loro corso, e cominciano a splendere solo nelle vicinanze del Sole, quando il grande astro le illumina colla sua luce, e sollevando in esse col suo calore nuove ed immense masse di vapore, accresce a molti e molti doppi il loro volume.

Molte comete nel loro perielio (punto della loro orbita più prossimo al Sole) si avvicinano al Sole più che la Terra, e non poche invadono la regione in cui si muovono Venere e Mercurio; la cometa apparsa nel febbraio del 1880 si avvicinò al Sole tanto da toccarne quasi la superficie (2).

---

(1) Fra le grandi comete del nostro secolo, oltre quella di Donati ricordata nel testo, vanno annoverate quelle del 1807, del 1811, del 1835, del 1843, del 1861, del 1862, del 1874, del 1880, del 1881, del 1882. Dopo le splendide comete del 1881 e del 1882 nessuna più venne a colpire veramente l'attenzione del pubblico nel nostro emisfero.

(2) La cometa prima del 1882 passò il 10 di giugno a nove milioni di chilometri dal Sole, un sesto circa della distanza che dal Sole separa Mercurio; la cometa seconda del 1882, altrimenti la grande cometa del 1882, passò il 17 di settembre, giorno della sua minima distanza dal Sole, a poco più di un milione di chilometri da esso, non lo urtò, ma per un giorno affogò, uscendone incolume, nel profondo strato di luce che circonda il Sole.

Le comete, per la natura e varietà delle orbite loro si avvici-

174. Alcune fra le molte comete conosciute od apparse da remotissimi tempi appartengono realmente al Sistema planetario, ed attualmente sono membri anch'esse di quella famiglia di astri che circolano intorno al Sole entro orbite determinate.

Di tutte le altre comete però non si può dire altrettanto; queste sono piuttosto visitatrici che abitatrici della regione celeste occupata dal Sistema solare; esse, provenienti da lontanissime regioni

---

nano qualche volta anche molto alla Terra. La grande cometa del 1874, ad esempio, passò nel luglio sì vicino alla Terra, che per poco questa non rimase dalla sua coda avvolta, e nulla vieta a pensare che altre comete possano avvicinarsi alla Terra assai di più, rasentarla, scontrarla anche.

La maggior parte delle comete osservate ha il perielio della propria orbita nello spazio che corre fra il Sole e la Terra; per pochissime il perielio cade fra Marte e Giove. Non c'è ragione di pensare che non debbano esistere comete aventi il perielio della propria orbita negli spazii interplanetari fra Giove e Nettuno; solo è logico ritenere che tali comete distano troppo dal Sole per diventare visibili dalla Terra.

Le comete osservate sono oramai a centinaia, e il numero loro cresce ogni anno. Durante l'intero secolo decimosettimo si hanno notizie di sole 27 comete viste, mentre oggi altrettante comete si osservano in media in meno di quattro anni. Un facile calcolo di probabilità, partendo dal numero delle comete note e osservate, non che dalla relativamente angusta plaga di spazio da esse occupata, guida per induzione al numero delle comete verosimilmente esistenti, numero che nello spazio universo sale, non c'è fondamento per dubitarne, a milioni.

Limitandosi a considerare lo spazio occupato dal sistema del Sole, e ponendo per ipotesi uguale a 5 il numero delle comete che ogni anno, portate dal loro moto proprio, passano fra la Terra e il Sole, si trova che il numero delle comete, le quali ogni anno entrano nel Sistema solare e da esso escono, è eguale a 240, e che il numero medio delle comete esistenti in ogni istante di tempo entro il sistema del Sole non è minore di 5934. Si tratta di numeri verosimili e solo lontanamente approssimati, ma certo è che, relativamente al grande numero delle comete ognora esistenti nel nostro Sistema, minimo è il numero delle comete cui gli astronomi riescono ogni anno a vedere e osservare.

dello spazio, entrano, attratte dalle masse planetarie e dal Sole, nel nostro Sistema, lo attraversano, passano vicino al centro del medesimo, poi tornano verso altre regioni del cielo per non far forse mai più ritorno alla regione nostra.

Le comete che fanno stabilmente parte del Sistema solare e sono vincolate entro la sfera d'attrazione del Sole, s'aggirano attorno a questo entro orbite di forma ovale allungata (vedi fig. 27), sicchè se ne possono agevolmente calcolare i ritorni periodici al punto della loro massima vicinanza al Sole, punto a cui gli astronomi sogliono dare, come già abbiamo detto, il nome di *perielio*.

Nel numero di queste comete periodiche trovasi la cometa di Encke, che ha un periodo di circa 40 mesi, e quella di Halley, che torna al perielio ogni 74 anni circa (1).

175. Anche le comete più splendide, come appunto quella di Donati, e quella più antica e famosa di

---

(1) Il numero delle comete periodiche delle quali il ritorno è stato osservato, sale in questo momento a diciotto. Alcune ritornano a lunghi periodi come quella di Olbers con periodo di anni 72,6; quella di Tempel con periodo di anni 33,2. Altre compiono l'orbita loro in intervalli di tempo relativamente brevi; tali sono la cometa D'Arrest con periodo di poco più che sei anni, la cometa Winnecke con periodo di cinque anni e mezzo, la cometa Faye con periodo di sette anni, la cometa Brorsen con periodo di 2032 giorni.

Fra le comete di breve periodo merita una menzione speciale quella di Biela con periodo di sei anni e mezzo. Essa fu vista nelle sue apparizioni del 1772, del 1806, del 1826, del 1832, e la sua massa non presentò mai fenomeni singolarmente notevoli; durante la sua apparizione del 1845-1846 improvvisamente si sdoppiò; nel 1852 le due comete gemelle, frammenti della cometa primitiva, tornarono a riapparire con debolissimo splendore; dopo il 1852 avrebbero dovuto riapparire più volte, ma ogni volta furono cercate invano, sicchè della loro sparizione, o meglio, della dispersione delle masse loro non si può ormai più dubitare.

Halley, non sono visibili se non quando si trovano in vicinanza al Sole; il maggior numero delle comete passa inosservato al pubblico perchè telescopiche ed indiscernibili ad occhio nudo.

È questa la ragione per cui fin quasi ai tempi nostri le comete, e per la loro rarità e per le loro forme strane, furono per le moltitudini oggetto di terrore, e le loro comparse tenute in conto di presagi funesti.

176. Un'altra classe di corpi celesti, che ho detto appartenere al Sistema solare, è quella delle così dette *stelle cadenti*, o volgarmente meteore.

Chi ha osservato il cielo nelle notti serene, non può non aver notata la repentina apparizione, in vari luoghi del firmamento, di punti brillanti come stelle, che, velocemente descrivendo un breve tratto di cielo, scompaiono pure repentinamente, lasciandosi talora dietro un momentaneo strascico luminoso. Non v'ha notte dell'anno in cui non si vedano siffatte apparizioni, e anzi in certe determinate epoche esse sono così numerose che ricevettero il nome di pioggie o di flussi di stelle cadenti.

Sono esse corpuscoli infiammati, di dimensioni relativamente minime, che attraversano la nostra atmosfera.

177. I corpuscoli cosmici, di cui parliamo, sono per sè stessi oscuri, come qualsivoglia corpo planetario, ma, dotati come sono di un moto rapidissimo, allorchè si precipitano attraverso la nostra atmosfera, si riscaldano siffattamente, a cagione dell'urto e dell'attrito contro le molecole dell'aria, che si accendono, e si consumano affatto prima di poter cadere sulla Terra. La loro massa è esigua; il loro peso di rado raggiunge alcuni grammi, quasi sempre equivale ad una frazione di grammo; il loro numero è grandissimo.

178. Assidue osservazioni hanno mostrato che in certe notti, la maggior quantità di stelle cadenti sembra scaturire da determinate plaghe del cielo, e in altre notti da altre plaghe ; hanno pur reso evidente che le così dette pioggie di cadenti si producono in certe epoche determinate delle quali le più rimarchevoli sono il 13-14 di novembre, il 23-27 di novembre e il 10 di agosto. Le stelle della prima di queste epoche paiono escire dalla costellazione del Leone, e furono perciò dette *Leonidi;* le stelle del 23-27 di novembre divergono in apparenza dalla costellazione di Andromeda, e col nome di *Andromedeidi* o di *Andromedidi* vengono indicate; le stelle di agosto partono dalla costellazione di Perseo, e furono dette *Persèidi.*

Le *Perseidi* dell'agosto da tempo ogni anno si possono osservare, pur variando esse assai di numero e di splendore nelle loro diverse apparizioni. In alcuni anni se ne contarono da 150 a 200 in un'ora; in altri il numero loro in un'ora discese a 30 e a 20.

Le *Leonidi* e le *Andromedeidi* ogni anno ripassano in piccolo numero, ma a periodi determinati diedero, in epoche anche non lontane, luogo a splendide e memorabili pioggie di stelle cadenti.

179. Lo studio accurato dei periodi di massima frequenza nelle loro apparizioni, della direzione generale delle brevi linee o traiettorie che descrivono, dei luoghi del cielo dai quali sembrano irradiare, ha reso palese il fatto che le stelle cadenti appartengono a sciami o correnti di corpuscoli cosmici solidi, oscuri; che questi sciami provengono da lontanissime regioni del cielo, e, attratti dal Sole, passano, nel loro viaggio attraverso allo spazio, in vicinanza del Sole stesso ; che alcuni di essi sciami formano immensi anelli ellittici rotanti intorno al Sole.

Ma il più singolare risultato ottenuto dall'esame della forma, della grandezza e della posizione delle orbite di così fatte correnti meteoriche, si è la quasi certezza che esse hanno grande analogia colle comete, parecchie di queste essendosi dimostrato avere orbite identiche a quelle di certi nembi di stelle cadenti. Si crede anzi che le stelle meteoriche o cadenti siano prodotte dalla dissoluzione totale o parziale delle comete in piccolissime e numerosissime particelle (1).

---

(1) Nota è la cometa la cui orbita è identica alle orbite percorse dallo sciame delle Leonidi, che produsse le stupefacenti e splendide pioggie meteoriche del 1799, del 1833 e del 1866 (13-14 novembre). Se ne aspettava il ritorno per il 14-15 novembre del 1899 o del 1900, ma la generale e viva aspettazione andò delusa.

Se la Terra non attraversò lo sciame durante le ore diurne di quelle contrade che avrebbero potuto vedere la pioggia meteorica aspettata, forza è conchiudere che dopo il 1866 di molto si è modificata l'orbita percorsa dallo sciame negli spazii interplanetari, e che le nostre cognizioni sulla corrente delle *Leonidi* sono tuttora incerte, quelle sovratutto che riguardano la struttura e le dimensioni dello sciame nel verso normale alla corrente, che è quello secondo cui press'a poco la corrente stessa viene attraversata dalla Terra.

A meglio conoscere la natura di questo sciame, che certo occupa co' suoi corpuscoli in modo continuo e con gruppi di diversa densità e numero l'intera orbita sua, non resta per il momento agli astronomi che vegliare attentamente al suo ritorno di ogni anno, notando il numero delle stelle cadenti alle quali esso dà luogo, le variazioni di esso numero di anno in anno, così come già si fa collo sciame delle *Perseidi*.

Allo sciame delle *Andromedidi* appartiene la cometa di Biela di cui il periodo di rivoluzione è uguale a sei anni e mezzo. La cometa da molti anni (v. *nota* a pag. 166) più non riapparve, e i suoi materiali probabilmente andarono dispersi. Rimane solo lo sciame meteorico che percorre un'orbita identica a quella della cometa, e che già produsse tre pioggie memorabili di *cadenti,* due negli anni 1872 e 1885 il giorno 27 del mese di novembre, una nel 1892 il giorno 23. La differenza delle date fu spiegata come effetto di perturbazioni nel movimento dello sciame prodotto dalla vicinanza del pianeta Giove. Nell'anno 1899 un certo numero di *Andromedidi*

180. Noto quanto quello delle stelle cadenti è il fenomeno della caduta degli *aeroliti*, masse di pietra o di metallo che cadono dal cielo solcando l'atmosfera con grande sviluppo di luce, e piombano sulla Terra con grande impeto e fracasso. Diconsi anche *meteoriti* o *pietre meteoriche;* sono corpi cosmici che attraversano l'atmosfera terrestre con grandissima rapidità, e devono l'incandescenza loro al calore sviluppato dalla compressione dell'aria che essi attraversano.

Hanno aspetto frammentario, e alla loro superficie appaiono fusi e in certo modo vetrificati; hanno volumi e pesi diversissimi; i maggiori pesano 25000-780-300 chilogrammi e sono eccezioni; raramente essi superano i 50 chilogrammi, e il peso loro discende talora a qualche grammo e a pochi decigrammi perfino; esemplari di meteoriti vengono oggi conservati nei principali musei di Europa.

181. I chimici, com'è ben naturale, si sono affrettati a studiare la composizione di quei frammenti di meteoriti che loro vennero fra le mani, e trovarono che, sieno essi di natura quasi esclusivamente metallica (contenendo ferro, nichelio, ecc.), sieno essi di natura prevalentemente pietrosa (contenendo silice, magnesia, allumina, ecc.), sono però tutti composti di materiali congeneri a quelli che compongono molte roccie terrestri. Non si sono

---

fu osservato la notte del 24 di novembre e negli anni prossimi bisognerà quindi fra il 23 e il 27 di novembre stare bene attenti per avvertire se un risveglio prima, una riproduzione poi della pioggia delle *Andromedidi* non avvenga, chè il volere preanunziare il prossimo ritorno di quella pioggia meteorica, finchè meglio non sia conosciuta l'estensione e la forma della corrente cosmica relativa, sarebbe opera di grande presunzione.

mai in essi incontrate traccie di sostanze che non esistano sulla Terra, o nel Sole; 25 degli *elementi* chimici noti, l'*elio incluso*, furono trovati negli aeroliti, ma finora di *elementi* nuovi neppure uno.

182. In un determinato luogo della Terra la caduta di un meteorite è fenomeno rarissimo. Le statistiche però portano in media a 180 le cadute di meteoriti ogni anno osservate sui diversi continenti, e poichè grandissima è l'estensione degli oceani, e grandi sono le plaghe continentali o deserte o barbariche, forza è pensare che il numero dei meteoriti realmente cadenti è ben maggiore dell'osservato, e che la caduta di pietre meteoriche sulla Terra in generale è fenomeno di ogni giorno.

Alcuni ritengono che stelle cadenti e meteoriti sono una stessa cosa, che le apparenze loro formano i punti estremi di una scala di fenomeni la quale offre dall'uno all'altro una serie di gradazioni continua, e che differiscono fra di loro in ciò solo che le cadenti passano ad una distanza molto più grande dalla Terra. Nello stato attuale della scienza tutte queste cose non si possono però ritenere abbastanza dimostrate; meteoriti e stelle cadenti sono certamente corpi cosmici, ma, se sieno o non una stessa cosa, rimane per il momento insoluto.

CAPITOLO QUARTO

Il Sole.

§ I.

Il Sole e sua influenza sugli altri corpi del Sistema solare.

183. Nelle pagine precedenti ho cercato di farvi comprendere che cosa sia la Terra.

Noi abbiamo veduto che essa è un corpo relativamente freddo alla sua superficie (1) il quale si muove regolarmente intorno al Sole.

La Terra non risplende di luce propria, e deve al Sole l'illuminazione della sua superficie.

I pianeti, i quali sono altrettante terre descriventi ciascuna il proprio giro intorno al Sole, sono relativamente freddi alla superficie ed opachi come la Terra; la luce di cui risplendono è luce del Sole riflessa dalla loro superficie.

184. Si è veduto ancora che la lunghezza del-

(1) Nell'interno la temperatura della Terra è generalmente più elevata che alla superficie, come dimostrano le osservazioni fatte nelle profonde miniere, le sorgenti d'acque calde, e sopratutto i vulcani. Ma lo studio della Terra, sotto questo aspetto, appartiene alla Geografia fisica e alla Geologia.

l'anno, sulla Terra e sugli altri pianeti, dipende dal tempo che ciascuno di questi corpi impiega a fare il suo giro intorno al Sole; che la durata del giorno è determinata dalla velocità con cui ogni pianeta ruota intorno al proprio asse, portando così successivamente sotto la luce del Sole le varie regioni della sua superficie.

185. Da ultimo ho tentato di dimostrarvi come dalla posizione dell'asse di rotazione di ciascun pianeta dipendano le vicende delle stagioni, le quali principalmente sono prodotte dal diverso modo sotto cui ogni dato paese è presentato alla illuminazione solare nelle diverse epoche dell'anno ossia della rivoluzione del pianeta.

186. Dal Sole, può adunque dirsi, dipende in ultima analisi la massima parte dei fatti naturali: il giorno, l'anno, le stagioni e il loro regolare avvicendarsi. Che cosa è mai questo corpo così importante, i cui raggi diffondono la luce, il calore e la vita su tutti i pianeti, e che è collocato nel centro dei loro giri, delle orbite loro?

§ II.

Calore, luce, grandezza e distanza del Sole.

187. Il Sole può essere considerato come un globo di fuoco intenso; in termini più scientifici esso può ritenersi un ammasso di vapori in istato di violentissima ignizione.

Più tardi potrò dare qualche notizia maggiore intorno alla costituzione fisica del Sole, ma qualunque essa sia, certo è che il Sole riscalda, che potente è la sua energia termica, che la temperatura sua, cui la scienza non può ancor preci-

sare od esprimere in numeri, è enorme ed eguale a migliaia forse a milioni di gradi; certo è ancora che in grazia della sua temperatura altissima il Sole risplende di luce propria, ciò che non possono fare nè i pianeti, nè i satelliti.

188. Le dimensioni del Sole sono così sterminate, che il suo volume equivale a cinquecento volte il volume di tutti i pianeti presi insieme. Il suo diametro misura 1394260 chilometri ed equivale a 109,3 diametri della Terra; la sua massa vale molto approssimativamente 324439 volte la massa della Terra.

Malgrado il suo gran volume e le sue dimensioni sterminate, il Sole appare al nostro occhio così come all'occhio appare la Luna, sotto un angolo apparente cioè di poco più che mezzo grado, in media 32′3″,64. Egli è che ogni corpo appare più e più piccolo quanto più lontano lo si porta; egli è che il Sole si trova a grande distanza dalla Terra, ad una distanza che in media si può ritenere uguale a 149,5 in numeri rotondi a 150 milioni di chilometri. È tale questa distanza, che per essa un angolo avente il suo vertice sulla Terra ed avente un'ampiezza uguale ad un minuto secondo d'arco abbraccia co' suoi lati sul Sole una lunghezza di 724,8 chilometri, mentre un secondo d'arco segna qualche cosa di affatto invisibile all'occhio nudo, ed è l'angolo sotto cui si vedrebbe un millimetro portato alla distanza di 206 metri dall'occhio, un decimo di millimetro alla distanza di metri 20,6.

§ III.

Superficie del Sole.

189. Le osservazioni della superficie visibile del Sole, così a occhio nudo, come telescopiche, debbono esser fatte coll'aiuto di vetri anneriti o di altri mezzi atti a diminuire l'intensa luce, che abbaglia l'occhio e può giungere ad acciecarlo, quando non s'impieghino le debite precauzioni.

190. Adoperando un vetro convenientemente annerito, il Sole appare come un globo sempre perfettamente rotondo, tutto coperto alla superficie da uno strato d'intensa luce, al quale si usa dare il nome di *fotosfera*. La fotosfera è quindi la superficie luminosa che apparentemente contermina il Sole. Vista con forti cannocchiali, essa non appare continua ed uniforme; mostra invece una struttura minuta, irregolare, soggetta a mutazioni incessanti, a movimenti grandiosi, qualche volta violentissimi.

Quando s'impieghi un telescopio di conveniente amplificazione, raramente avverrà che non si scorgano sul disco lucente del Sole una o più *macchie* nere. Queste possono avere differenti ampiezze; alcune volte sono tali da eccedere le dimensioni dei maggiori continenti terrestri; in qualche rara occasione sono grandi abbastanza da essere vedute senza cannocchiale, cioè coll'occhio semplicemente protetto da un vetro convenientemente affumicato.

191. In prossimità delle macchie solari spesso si scorgono tratti lucidissimi più fortemente luminosi che il resto del disco; si dà loro il nome di *facole*, e probabilmente sono immense masse di

vapori luminosi lunghe migliaia e migliaia di miglia; le facole appaiono infatti lunghe, sottili, ramificate, quasi venature lucide della fotosfera.

Se si osserva più giorni di seguito una stessa macchia od una stessa facola, si trova che l'una e l'altra vanno continuamente cambiando di forma, finchè, dopo aver persistito per alcuni giorni od anche per alcune settimane, scompaiono, cedendo il posto ad altre macchie e ad altre facole che van formandosi in altri punti della superficie del disco.

§ IV.

Le macchie del Sole.

192. Sebbene il Sole sia tanto distante da noi, gli sconvolgimenti che hanno luogo alla sua superficie assumono tuttavia proporzioni così gigantesche, che i prodotti loro cioè le macchie e le facole, mostrano allo spettatore armato di telescopio numerose e curiosissime particolarità. Vi presento nella figura qui vicina una delle più vaste macchie solari, il cui circuito misurava più volte la periferia della Terra (fig. 39).

193. Se si osserva una di queste macchie e si nota con attenzione, a due o tre giorni d'intervallo, il luogo preciso da essa occupato sul disco del Sole, si trova che essa cambia di posizione e che si avvicina progressivamente al lembo occidentale del disco. Continuando queste osservazioni, il moto della macchia verso ponente diventerà sempre più evidente, e da ultimo si vedrà la macchia giungere vicino all'orlo occidentale del Sole e poi scomparire poco a poco.

Tutte le macchie presentano un simile fatto e

tutte, comparendone spesso parecchie in una volta, camminano nella medesima direzione mantenendo le relative loro distanze. Da questo appare che le macchie non sono corpi staccati i quali circolino ad una certa distanza dal Sole, che esse sono attaccate alla superficie di questo, e che la superficie del Sole é quella che si muove trasportando tutte quelle macchie da levante a ponente.

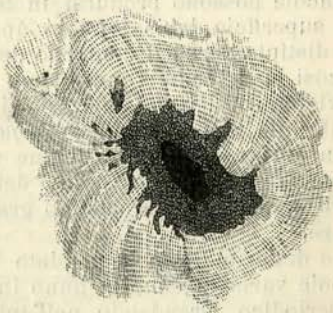



Fig. 39.

Se una macchia di forma ben distinta venga oggi osservata nella sua disparizione al lembo occidentale del disco solare, dopo alquanti giorni, 13 circa, la si vedrà riapparire al lembo orientale, riattraversare il disco come dianzi, scomparire una seconda volta alquanti giorni, 27 circa, dopo la prima disparizione. La macchia ha quindi girato *dietro* il globo solare nell'intervallo di tempo compreso fra la sua scomparsa e la sua riapparizione; tutto il Sole per conseguenza ruota intorno

al suo asse, portando seco in giro tutte le macchie e tutte le facole.

Il Sole, come la Terra, ruota con moto uniforme intorno a sè stesso; la rotazione sua si compie in 25 giorni circa, $25^g,38$ secondo Carrington; la rotazione sua, per chi lo guarda dalla Terra, si fa da sinistra a destra intorno ad un asse quasi perpendicolare al piano dell'orbita terrestre, inclinato cioè all'eclittica di un angolo quasi retto ed uguale ancora secondo Carrington a $82°$ e $45'$.

194. Le facole possono prodursi in tutte le regioni della superficie del Sole; solo appaiono più facilmente distinte verso il contorno del disco solare. Non così le macchie; queste non si vedono mai nelle vicinanze dei *poli* della rotazione solare, sono limitate alle regioni vicine all'*equatore*, e si mostrano in più gran quantità in due zone poste simmetricamente a nord e a sud dell'equatore stesso, fra il decimo e il trentesimo grado di latitudine solare.

Il numero delle macchie in un dato istante visibili sul Sole varia di anno in anno in modo regolare e periodico, prendendo nell'intervallo di undici anni circa un valore massimo ed uno minimo; v'è in altre parole nell'apparizione delle macchie solari un periodo undecennale (1).

---

(1) È opinione di molti che le macchie del Sole abbiano un certo influsso sulla temperatura dell'atmosfera terrestre e sul nostro tempo, ma quale sia il carattere di questo influsso, quale ne sia la misura non si sa ancora, la relazione che corre fra i due ordini di fatti essendo tutt'altro che semplice.

Le statistiche meteorologiche delle nostre regioni, e di quelle che in generale hanno latitudini abbastanza boreali poco dimostrano, le perturbazioni locali fra noi tendendo fino ad un certo punto a mascherare gli effetti delle variazioni delle radiazioni solari. Pare ad esempio che nel clima nostro al crescere delle macchie solari

195. L'osservazione attenta del modo con cui le macchie si presentano alla vista nelle diverse loro distanze dall'orlo dal Sole, ha fatto concludere che esse sono *cavità* aperte nello strato luminoso che forma la superficie del Sole; cavità però non vuote, ma occupate da vapori, in parte opachi, i quali impediscono che la luce arrivi a noi dal fondo delle cavità stesse. Quindi il color nero che per lo più distingue lo spazio verso il mezzo delle macchie, in altre parole il color nero del nucleo delle macchie (1).

---

corrisponda un aumento della temperatura dell'aria, ma i due aumenti non sono simultanei, il massimo relativo della temperatura seguendo di tre anni circa quello delle macchie. Pare che nell'occidente di Europa abbiansi in corrispondenza del minimo delle macchie estati più calde, inverni più freddi e che l'amplitudine annua della temperatura sia negli anni corrispondenti a un minimo di macchie più grande che nelle epoche di massimo delle macchie stesse. Pare in generale che i massini di macchie sieno accompagnati da più copiose pioggie e da più intensi commovimenti della nostra atmosfera; che le stagioni nostre però seguano in qualche modo le vicende delle macchie solari non si può ancora affermare in modo assoluto ma solo con opportune riserve.

Più probabile è la connessione del magnetismo terrestre colle macchie del Sole; una relazione certamente esiste fra le macchie stesse e le variazioni diurne dei nostri magneti, ma anche qui trattasi di relazioni complesse delle quali la scienza avvenire finirà per avere la chiave che la contemporanea ancora non possiede.

(1) Si ammette quasi generalmente che le macchie sono cavità, squarciature cioè nella fotosfera solare, profonde secondo Wilson seimila e più chilometri, ma riesce tuttora difficile il dire quali siano le condizioni dei materiali che esse contengono, e quali le cause dell'oscurità dell'ombra e della penombra loro. Molto si è studiato oramai intorno alle macchie, ma il problema delle macchie solari è ancora lontano dall'essere risolto in modo esauriente, e uno studio ulteriore delle radiazioni di esse macchie è tuttora più che mai necessario.

§ V.

L'atmosfera del Sole.

196. Il disco rotondo che noi chiamiamo *Sole,* non forma tutto il Sole, ma solamente la parte più densa e più splendente di esso. Intorno al disco del Sole, che si può considerare come il suo nucleo più luminoso, sono disposti degli strati di vapori più rari, i quali si elevano molte migliaia di miglia sopra la sua superficie.

Tali strati non sono visibili nelle ordinarie circostanze e coi mezzi ordinari, perchè la loro luce è debole ed è offuscata dal chiarore vivissimo della fotosfera; ma nelle eclissi totali del Sole, quando la Luna nasconde tutto intiero il disco solare luminoso, essi, quasi inviluppi esterni, diventano visibilissimi, mostrando i più stupendi colori, fra i quali predomina il rosso.

Lo schizzo qui di contro (fig. 40), dà un'idea lontanamente approssimata di ciò che appunto si vede in una eclisse totale.

Nelle immediate vicinanze dell'orlo del disco oscuro lunare, che copre e nasconde quello del Sole, i vapori sono molto più luminosi e formano uno strato basso, continuo, rosso purpureo, detto *cromosfera,* strato che spinge in alto colonne o getti di luce di egual tinta, svariatissimi di forma e di posizione, a cui si suol dare il nome di *protuberanze.*

La cromosfera ha struttura filamentosa, quasi risultasse da un fascio di tanti getti sottili di luce; il suo splendore varia nelle diverse sue parti e nei diversi tempi, ed è comunemente molto intenso nelle località delle macchie; la sua altezza varia

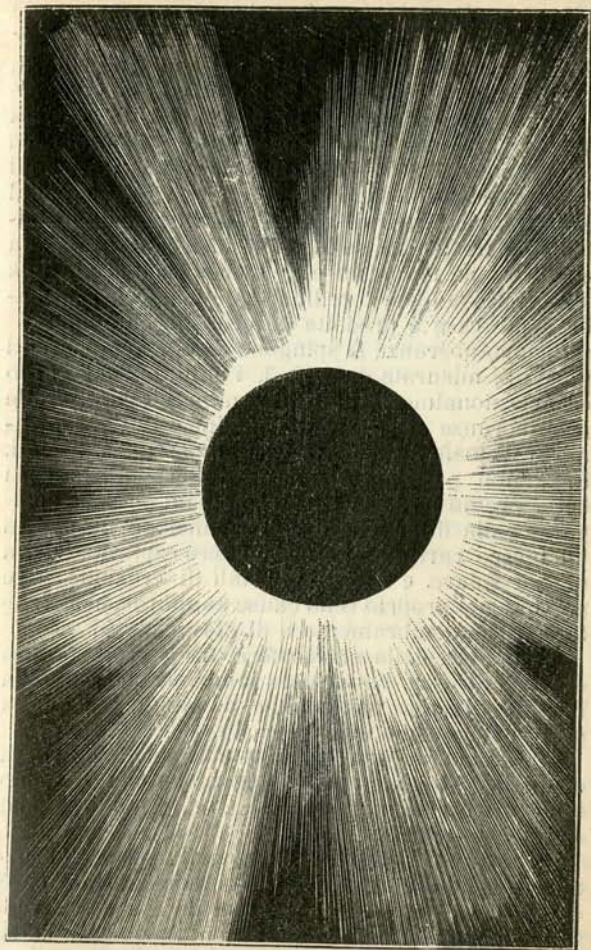



Fig. 40.

essa pure nelle diverse parti del contorno solare; ordinariamente più alta vicino ai poli che non all'equatore, non supera in generale i 12 secondi d'arco, un centosessantesimo del medio diametro apparente del Sole. La cromosfera ha variazioni corrispondenti a quelle della fotosfera, ed è sul Sole qualche cosa di caratteristico. La sua distribuzione irregolare sulla superficie del Sole, la sua struttura ne fanno un oggetto ben distinto da una atmosfera nel senso ordinario della parola; probabilmente essa è prodotta da eruzioni continue.

Le protuberanze si spingono ad altezze apparenti notevoli, misurate da 1, 2, 3, 4 minuti primi d'arco ed eccezionalmente da 6 a 7 minuti primi. Nelle protuberanze si osservano movimenti di straordinaria velocità, trasporti vertiginosi di materiali. Esse non possono essere semplici sollevamenti della cromosfera, nè i loro fenomeni possono spiegarsi colla diffusione e coll'espansione di gas in un mezzo rarefatto. Esse sono vere esplosioni della massa solare, e i loro materiali di eruzione pare portino nel proprio seno cause gagliarde, elettriche forse, di smembramento e di dissoluzione.

Al disopra della cromosfera, fra le protuberanze e sopra di esse, l'atmosfera luminosa che circonda il Sole diventa più rara e dà origine a quella parte di essa che dicesi *corona*.

Finalmente al disopra della corona, alcuni raggi o meglio fasci luminosi si svolgono più o meno lunghi, irregolari, dissimetrici, e formano i così detti *pennacchi*.

La Corona o atmosfera coronale forma un ultimo guscio attorno al Sole. La sua costituzione è complessa, e l'aspetto suo generale muta se diversamente intensi diventano i commovimenti della fotosfera e della cromosfera. Durante le eclissi

che avvengono nel periodo dal massimo delle macchie, essa acquista un maggior splendore e si svolge quasi simmetrica tutto attorno al Sole. Se l'eclisse succede in un momento di minimo delle macchie, essa appare più pallida e stranamente dissimetrica rispetto al contorno del Sole; essa slancia allora al di là del suo contorno esteriore a distanze grandissime degli strascichi immensi di luce persistente, i pennacchi.

Quel che precisamente siano i pennacchi la scienza non lo sa ancora. Forse sono una dipendenza della corona; forse sono sciami meteorici, nubi di polveri cosmiche che gravitano attorno al Sole.

§ VI.

La luce del Sole non è omogenea. Spettro della luce solare. Righe di Fraunhofer.

197. Se si fa passare un raggio di Sole attraverso una fessura sottile, e lo si fa cadere sopra un prisma di vetro (fig. 41), esso, attraversando il prisma, si decompone nei colori dell'arco baleno, e produce una specie di nastro colorato nel quale il *rosso*, l'*aranciato*, il *giallo*, il *verde*, l'*azzurro*, l'*indaco*, il *violetto* si succedono con bellissimo effetto. A questo nastro lucido e variopinto, nel quale non c'è una linea esatta di confine fra un colore e il successivo, ma si passa insensibilmente per gradazioni sfumanti da uno in altro colore, si dà il nome di spettro della luce solare, o più brevemente di *spettro solare*.

Le luci diversamente colorate di questo spettro sono semplici, vale a dire non possono essere ul-

teriormente decomposte. È la luce bianca del Sole che è complessa, ossia formata dalla riunione di luci di colore diverso, dalla riunione cioè delle luci che appaiono separate nel suo spettro.

198. Nello spettro solare i colori diversi non occupano tutti una uguale estensione; più esteso di tutti è il violetto, di tutti meno esteso è l'aranciato.

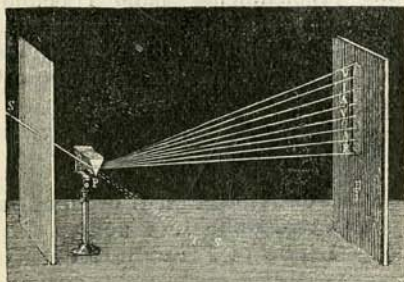



Fig. 41.

Se si osserva attentamente con un cannocchiale lo spettro del Sole, lo si vede solcato qua e là trasversalmente da sottili righe oscure, le quali conservano sempre fra di loro i medesimi rapporti d'ordine e di intensità, ed occupano sempre le stesse posizioni relativamente ai colori dello spettro. Nella figura 42 (1) sono segnate le principali soltanto di queste righe oscure scoperte da Fraun-

(1) Le figure 41, 42 sono tratte dal Manuale di Ottica del professore E. Gelcich.

hofer; le si usano indicare rispettivamente colle lettere dell'alfabeto A, a, B, C, D, E, F, G, h, H_1, H_2, e si chiamano complessivamente righe di Fraunhofer.

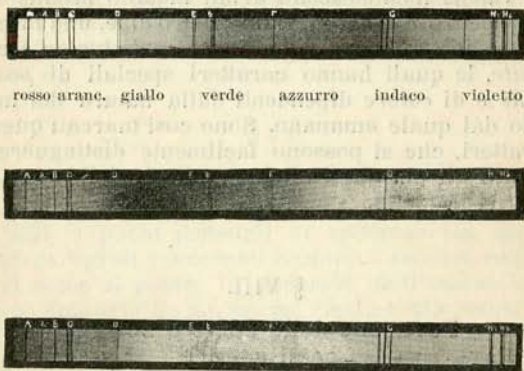



Fig. 42.

§ VII.

Spettri prodotti da diverse sorgenti di luce. Spettroscopia.

199. Non solamente la luce del Sole, ma le luci ancora che da altre sorgenti emanano, se fatte attraversare un prisma di vetro, producono spettri. V'è una scienza che indaga e studia questi spettri; il suo nome è *spettroscopia*, e di essa i precipui principii fondamentali sono questi.

Ogni corpo, o solido o fluido, semplicemente in-

candescente produce uno spettro *continuo*, senza righe.

Ogni qualvolta si ottiene uno spettro *discontinuo*, si ha certamente a fare con una sorgente di luce gasosa.

I vapori incandescenti di un metallo producono uno spettro *discontinuo*, un nastro cioè, una fascia *oscura* interrotta da righe trasversali *lucide* e *colorate*, le quali hanno caratteri speciali di *posizione* e di *colore* dipendenti dalla natura del metallo dal quale emanano. Sono così marcati questi caratteri, che si possono facilmente distinguere i metalli gli uni dagli altri per mezzo dello spettro da essi prodotto.

§ VIII.

Paragone dello spettro solare cogli spettri prodotti da vapori metallici incandescenti.

200. Lo spettro del Sole è un nastro *lucido*, di *colori* diversi, solcato da righe *oscure;* lo spettro prodotto da vapori metallici incandescenti è un nastro *oscuro*, solcato da righe *lucide* e *colorate*.

Un intimo nesso esiste fra questi due spettri di carattere opposto, e dipende da ciò che ogni sostanza, allo stato di vapore, assorbe quei raggi medesimi cui essa emetterebbe se fosse in istato luminoso. Il sodio, ad esempio, allo stato luminoso produce uno spettro con due righe gialle caratteristiche; allo stato di vapore, se attraversato da un raggio di luce prima che questo cada sul prisma, produce nello spettro due righe oscure esattamente là dove prima produceva le gialle; le

righe lucide e gialle dapprima si cambiano, si rovesciano in righe oscure dappoi. L'idrogeno, per dare un secondo esempio, allo stato luminoso ha uno spettro con, fra l'altre, una riga rossa caratteristica; se lo si mantiene allo stato di vapore, e si fa attraverso ad esso passare un raggio luminoso, esso produce nello spettro una riga oscura esattissimamente là dove prima produceva la rossa.

§ IX.

Della materia solare.

201. I pochi principii di spettroscopia esposti nei paragrafi precedenti bastano a rendere ragione del come si possa, in generale, dall'esame della luce emanata da un corpo risalire alla composizione chimica del corpo, del come, nel caso speciale del Sole, si possano, malgrado la grande distanza, analizzare i materiali ond'esso risulta.

In questo caso speciale basta infatti osservare contemporaneamente, giustapporre lo spettro di un metallo bruciato ad un'alta temperatura e lo spettro del Sole. Se una riga oscura di questo corrisponde esattamente ad una riga lucida del primo, ragion vuole che si ammetta che il raggio luminoso partito dal Sole ha attraversato una atmosfera contenente vapore di quel metallo stesso, e che nel Sole quel vapore metallico esiste; ragion vuole che si ammetta ancora esistere anzitutto sul Sole una superficie o meglio uno strato splendente di temperatura altissima che emette luce d'ogni natura, e esistere in secondo luogo al disopra di esso strato di altissima temperatura un secondo strato di temperatura meno alta, ma tale

ancora da mantenere allo stato di vapore metalli che sulla Terra esistono allo stato solido. È questo secondo strato quello che, attraversato dai raggi luminosi emessi dallo strato ad esso sottoposto, produce le righe oscure caratteristiche dello spettro solare.

202. Paragonando gli spettri dei diversi vapori metallici incandescenti collo spettro del Sole, si è potuto dimostrare la presenza nel Sole di un certo numero de' nostri metalli, non già allo stato solido o di fusione, ma, come appena si disse, allo stato di vapori infuocati; è così enorme il calore alla superficie del Sole, che colà i metalli svaporano, come da noi l'acqua e il ghiaccio esposti al fuoco.

I nomi dei principali metalli, dei quali si è finora riconosciuta con certezza l'esistenza nella materia solare, sono il magnesio, il calcio, il sodio, il ferro, il manganese, il nichelio, il bario, lo stronzio, i quali tutti s'incontrano, in più o meno grande quantità, nei materiali di cui è composta la nostra Terra.

Ai corpi costituenti il Sole fu nel 1895 aggiunto il così detto *Helium* (elio), caratteristico per questo che la sua presenza è dimostrata non, come per gli altri componenti, dalle righe oscure di Fraunhofer, ma da righe lucide speciali nello spettro della cromosfera.

Vi sono sul Sole alcuni gas; fra questi predomina l'idrogeno, del quale paiono appunto formate in massima parte la cromosfera e le protuberanze.

Vi sono molto probabilmente nel Sole alcune materie, delle quali sulla Terra le indagini chimiche non hanno ancora trovato tracce ben certe.

In questo argomento però bisogna procedere colla più grande cautela, e nulla sovratutto affermare o negare in modo assoluto. Troppo diverse sono le condizioni in cui i corpi si trovano nel

Sole e nella Terra, e lo spettro di taluno dei materiali terrestri potrebbe sul Sole avere caratteri diversi dallo spettro del corpo stesso studiato nei laboratorî nostri.

203. La densità del Sole, composto, come sembra, tutto di vapori, non può essere molto grande; ed infatti essa fu trovata quattro volte circa minore della densità della Terra.

§ X.

Costituzione fisica del Sole. Origine del calore solare.

204. Del Sole noi conosciamo poco più che i fenomeni superficiali; risalire da questi alla massa intiera del Sole è problema difficilissimo; dire con certezza quale sia questa massa, quale la costituzione fisica del Sole è nello stato attuale della scienza ancora impossibile.

Sulla costituzione fisica del Sole più che un sistema di verità dimostrate si hanno teorie ipotetiche, meglio opinioni, diverse, e le principali di esse si possono così riassumere:

a) Il Sole è un corpo freddo ed oscuro, circondato da un sottile guscio gasoso, nel quale forze fisiche speciali svolgono incessantemente luce e calore; dal suo nucleo solido partono eruzioni gasose, che formano le macchie.

b) La temperatura eccettuata, il Sole è fatto come la Terra; esso ha un'atmosfera come la nostra; dei venti alisei come i nostri, delle nubi come le nostre, anzi delle nubi sovrapposte.

c) Il Sole ha la sensibilità, l'impressionabilità delle materie esplodenti; le più deboli azioni, quelle

ad es. dei pianeti Giove, Terra, Venere, bastano ad eccitare i fenomeni grandiosi della sua superficie.

d) Il nucleo solido e freddo del Sole è circondato da più gusci gasosi; nel guscio esterno, sotto l'influenza di venti costanti, si formano dei turbini che penetrano talora nei gusci sottoposti e generano le macchie.

e) Il Sole è un corpo riscaldato dall'urto incessante dei meteoriti che cadono sulla sua superficie.

f) Il Sole è un corpo combustibile, che da un certo tempo brucia in un'atmosfera ossidante.

g) Il Sole è un globo liquido incandescente, sul quale appaiono delle scorie (macchie) come sopra un bagno di metallo in fusione.

h) Il Sole è una massa gasosa ad una temperatura di milioni di gradi, continuamente agitata da eruzioni; le sue macchie sono dovute direttamente a queste eruzioni, o indirettamente alle deiezioni loro.

i) Il Sole è una massa di gas, ma la sua fotosfera è un guscio di materia parzialmente condensata; la massa solare non è in istato di agitazione perpetua; le eruzioni solari sono un fenomeno luminoso non una realtà; i fenomeni tutti della superficie solare si spiegano con considerazioni tratte puramente ed esclusivamente dalla chimica.

Tutte queste opinioni diverse hanno, quale più quale meno, un fianco vulnerabile.

Due fra esse sono le meglio oggi accettate; la *g* che fa del Sole un globo liquido incandescente, la *h* che lo ritiene una massa interamente gasosa.

Il Sole tutto un ammasso di gas ha il più gran numero di difensori e i più strenui; nelle pagine precedenti tale lo si è pure ritenuto.

205. Fra le questioni che da lungo tempo si agitano e intorno alle quali poco si sa di positivo vi è quella che riguarda la causa del calore intenso che il Sole irradia.

È certo che nel Sole non trattasi di una semplice combustione. Se così fosse, se il Sole fosse anche un solido di carbone che bruciasse nell'ossigeno puro, esso non potrebbe durare che circa 6000 anni, e sarebbe già consumato per quasi un terzo dal principio dell'êra cristiana.

È certo ancora che l'origine del calor solare non si può cercare nel semplice raffreddamento di masse incandescenti. La sua temperatura altissima dovrebbe in tal caso diminuire più che sensibilmente in un migliaio d'anni, e l'osservazione dice invece che l'emissione del calor del Sole non ha subito nell'intensità sua variazione alcuna durante tutti i secoli della storia dell'uomo.

Fino a ieri due erano le teorie proposte a spiegare l'origine del calore persistente del Sole; una di esse metteva la fonte di esso calore nell'urto incessante di materiali meteorici contro il Sole, l'altra in una lenta contrazione del Sole stesso.

La prima spiega certamente almeno una parte del calore del Sole, ma è dubbio se il contributo dovuto all'urto della materia meteorica basti a produrre non dico tutto il calor solare, ma nemmeno una grande parte di esso.

La seconda basta a rendere conto dell'intera provvista del calor solare, ma non vi è finora nessuna prova diretta e tratta dalle osservazioni che il Sole realmente si contragga.

Oggi il grande progresso fatto dalla Fisica nello studio della costituzione della materia in generale, la grande tenuità sotto alla quale la materia stessa si può concepire, le emanazioni del *radio* e dei

corpi radio-attivi in generale aprono una nuova e feconda via anche alla Fisica solare, e permettono di dare dell'energia termica del Sole una spiegazione nuova e abbastanza fondata.

Secondo Wilson la ragione di tale energia sta in ciò che fra i componenti del Sole vi è pure il *radio*. Dietro esperienze recenti un grammo di *radio* produce 100 calorie all'ora; il Sole emette 828 milioni di calorie per metro cubo e per ora; a produrre altrettanta energia termica bastano nel Sole 3,6 grammi di *radio* per ogni metro cubo.

Che il *radio* esista nel Sole pare confermato da ciò che l'*elio*, il quale pur si trova in abbondanza nel Sole, si trova pure nell'uranio, nel torio e in altre sostanze radio-attive. L'*elio* stesso parrebbe anzi essere prodotto dalla disintegrazione atomica del *radio*, e l'analisi spettrale dimostra che un sale di *radio* produce nello spettro otto righe caratteristiche, delle quali 4 e forse 5 si confondono con quelle dello spettro dell'*elio*.

Ci sono quindi molti argomenti che permettono di pensare con qualche fondamento; essere l'*elio* un prodotto del *radio*; essere la presenza dell'*elio* nel Sole una conseguenza dell'esistenza del *radio* nel Sole stesso; nel *radio*, date le potenti sue proprietà radio-attive, stare la sorgente del calore del Sole.

CAPITOLO QUINTO

Le stelle.

§ I.

Il sole è una stella, e la più vicina di tutte le stelle.

206. Ho parlato alquanto a lungo della composizione del Sole, non solo perchè essa è molto differente da quella della Terra e degli altri pianeti, ma altresì perchè dal Sole possiamo argomentare che cosa siano le stelle. Infatti ora è cosa stabilita con tutta certezza, che il Sole è niente altro che una delle innumerevoli stelle ond'è popolato lo spazio celeste: è una stella che appare molto più grande e luminosa delle altre, non perchè realmente ne differisca per alcuna qualità essenziale, ma semplicemente perchè è molto più vicina a noi.

Il Sistema solare, dunque, consta di un certo numero di corpi opachi, pianeti, aggirantisi intorno ad un centro luminoso, il Sole. E come noi possiamo considerare la Terra come tipo dei pianeti, così il Sole può prendersi per tipo delle stelle scintillanti sparse nell'universo; nè è improbabile

che, come il Sole, anche le stelle sieno circondate da corpi oscuri o da altri pianeti, sebbene nulla di questo consti finora per osservazioni dirette. I pianeti delle stelle, se esistono, difficilmente possono essere abbastanza illuminati dal loro corpo centrale per rendersi visibili a noi da così straordinarie distanze.

207. Per comprendere in qual modo astri, in apparenza così diversi per grandezza e per splendore, appartengano realmente alla medesima classe, basterà riflettere che la più vicina fra le stelle, di cui si è misurata la distanza, è ancora 258000 volte più distante da noi che il Sole, ossia dista da noi circa 38700000 milioni di chilometri, distanza immensa della quale la nostra mente non arriva a formarsi un concetto concreto (1). Due sorgenti luminose di identico splendore, collocate rispettivamente dalla Terra alla distanza del Sole e alla distanza di 38700000 milioni di chilometri stanno fra loro come le luci di due candele, una delle quali fosse lontana da noi un metro e l'altra fosse lontana 258000 metri, che è quanto dire più che Torino o Bologna o Venezia da Milano in diretta linea. Mentre la prima può ancora bene illuminare il libro su cui leggete, a veder la seconda non vi sarà vista umana nè cannocchiale che basti.

208. Misurando le distanze di certe stelle, e comparando l'intensità del loro splendore con quella del Sole, gli astronomi sono riusciti a per-

(1) La stella α della costellazione del Centauro appartenente all'emisfero australe, a noi invisibile, e dopo Sirio la stella più brillante di tutto il cielo, si reputa la più vicina alla Terra, eppure la sua luce deve impiegare circa 4,4 anni a venire a noi, laddove quella del Sole ci arriva in 8 minuti primi e 17 minuti secondi.

suadersi che v'hanno stelle più piccole del Sole, e che ve ne ha anche di più grandi; onde il considerare il Sole come una stella di grandezza comune, è fondato, non soltanto sulla ragione, ma anche sull'esperienza.

§ II.

Splendore e grandezza delle stelle.

209. Osservando di notte il cielo stellato, una delle prime cose che attraggono la nostra attenzione è la diversità degli splendori apparenti delle stelle.

Questa diversità proviene dalle due cause seguenti: le stelle non hanno tutte eguali dimensioni, e la superficie dell'una è più lucente che quella dell'altra; le stelle non sono egualmente lontane, ma sono variamente disseminate in tutta la profondità dello spazio.

Vi hanno infatti stelle delle quali fondatamente si può dire che sono dieci o cento volte più distanti che altre stelle, e ciò sebbene al nostro sguardo le stelle paiano incastonate tutte in una stessa vôlta azzurra, di forma rotondeggiante. Da lungo tempo però è noto che tale vôlta non esiste, che essa è una semplice illusione, di cui non tutte le cause sono ancora ben conosciute.

210. Le stelle visibili ad occhio nudo soglionsi classificare in sei ordini di grandezza: le stelle di prima grandezza sono circa 20, e sono anche le più brillanti del cielo; le stelle di sesta grandezza sono quelle che ancora si possono discernere ad occhio nudo, da chi ha buona vista, in una notte ben serena e senza Luna; le stelle di seconda,

terza, quarta e quinta grandezza segnano in proporzione uniforme gradi intermedi di splendore.

Le stelle visibili ad occhio nudo, in tutto il cielo, sono forse 6000 (1); ma moltitudini sempre maggiori di stelle si vedono con cannocchiali di potenza crescente, e coi cannocchiali della massima forza, sinora costruiti, si calcola che diventino visibili almeno venti milioni di stelle.

Per le stelle telescopiche si continua la scala degli ordini di grandezza stabilita per le stelle visibili ad occhio nudo, e si addotta fra le successive grandezze la stessa progressione adottata per le stelle più luminose. Le prime stelle invisibili all'occhio nudo si dicono della settima grandezza, e giù giù si discende, passando per le grandezze ottava, nona e via, fino alle stelle della sedicesima grandezza, che sono le ultime e più fioche stelle manifestate dagli apparati ottici della maggior potenza.

L'esperienza ha fatto vedere che le stelle di una data grandezza hanno in generale circa due volte e mezzo più splendore apparente di quelle della grandezza consecutiva, che cioè una stella ad es. della sesta grandezza è circa due volte e mezzo più luminosa (in apparenza) che una stella della settima grandezza, e così via (2).

---

(1) 5719 secondo alcuni, 5850 secondo altri.

(2) Le grandezze fotometriche delle stelle formano una progressione geometrica nella quale il rapporto costante della intensità luminosa di una stella dell'ordine n a quella di una stella dell'ordine $n + 1$ è espresso dal numero 2,5119; con altre parole questo numero rappresenta quanto una stella di una grandezza determinata splende meno di una stella di maggior splendore e di grandezza diversa di una unità.

§ III.

Colori delle stelle.

211. Vi sono in cielo stelle rosseggianti, ve ne sono di biancheggianti, di gialle, di aranciate, di azzurre, di verdi. Il color verde e l'azzurro sono però eccezioni; la più gran parte delle stelle hanno colori che si lasciano classificare per mezzo di una scala cromatica, la quale comincia dal bianco puro, passa per tutte le gradazioni del giallo e finisce nel rosso.

Non pare che esistano stelle di color bianco puro; nelle ritenute bianche v'è sempre una traccia di giallo.

Numerose sono le stelle rosse, ma non bisogna credere che esse sieno di color rosso puro, poichè il vero rosso del carminio non s'incontra in nessuna stella. Più che rosse son rosseggianti, d'un color cioè giallo intenso tendente più o meno al rosso.

Se nella scala dei colori più su accennata si pone il bianco puro uguale a zero, si indica col numero 4 il giallo puro, col 6 il giallo intenso proprio dell'oro, col 10 il rosso spoglio da ogni miscela di giallo, non v'è stella il cui colore sia rappresentato dallo zero della scala, e tutte le stelle rosse vengono rappresentate da numeri compresi fra 6,5 e 9.

212. Alcuni hanno riconosciuto dei cangiamenti periodici nei colori delle stelle, ma questo fatto, che sarebbe importantissimo, non è ancora ben certo.

Ad esempio Sirio, la stella più brillante della

costellazione del Cane maggiore, la stella storica che annunziava col suo sorgere eliaco agli Egizii lo straripare del Nilo, fu da Tolomeo annoverata fra le stelle rosse, ed oggi brilla invece di luce bianca. Secondo alcuni il cambiamento del suo colore avvenne fra i tempi di Tolomeo e il fiorire della civiltà degli Arabi. Secondo altri il cambiamento del colore di Sirio non è realmente avvenuto, e Sirio fu erroneamente annoverata da Tolomeo fra le stelle rosse, nè questo è inverosimile, poichè gli antichi prestarono solo un'attenzione superficiale ai colori stellari, e non riconobbero per rossa fra le altre una delle stelle più splendenti e più facili ad essere osservate ad occhio nudo, la *alfa* dell'Orsa maggiore.

In questo argomento dei colori stellari vi è una parte che ancora dipende dalle attitudini speciali dell'occhio dei diversi osservatori, e in generale i colori delle stelle si distinguono meglio col telescopio che coll'occhio disarmato, per il quale specialmente nelle stelle meno splendide, tutte le tinte finiscono per diventare inafferrabili.

L'importanza che al colore delle stelle deve attribuirsi crebbe in questi ultimi anni in grazia dei progressi fatti dalla spettrografia, la quale, come si dirà nei paragrafi VIII e IX del presente capitolo, riuscì a dimostrare non solo che tutti gli spettri stellari si possono ridurre a pochi tipi principali, ma che la diversa natura dei tipi spettrali e quindi la diversa costituzione fisica delle stelle ha una relazione non dubbia col colore loro.

§ IV.

Le stelle temporarie o « nuove. »

213. Sono stelle che subitamente appaiono in cielo, e che a gradi a gradi, nel giro di pochi mesi, scompaiono.

Sono celebri in astronomia, ed eccitarono la più viva curiosità del pubblico, le stelle nuove del 1572 e del 1604. Relativamente numerose ed oggetto di osservazioni fredde ed attente sono le stelle nuove del tempo nostro, quelle subitamente apparse in cielo nel 1848, nel 1866, nel 1876, nel 1885, nel 1889, nel 1892, nel 1901, per limitare l'enumerazione alle maggiori *nuove* divenute visibili all'occhio nudo.

Appartengono queste stelle nuove, che più propriamente dovrebbero dirsi temporarie, alla categoria delle stelle variabili, delle quali sarà trattato nel paragrafo seguente.

Alcuni, pensando alle grandi eruzioni di gas idrogeno osservate sul Sole, spiegarono le stelle nuove ammettendo in esse l'eruzione e l'incendio di una potente massa di idrogeno; conseguenza prima di questo incendio sarebbe un altissimo grado di calore e di splendore che renderebbe le stelle di un tratto visibili; conseguenza seconda sarebbe che, desso incendio spegnendosi, le stelle si raffredderebbero, perderebbero a poco a poco il loro splendore e diventerebbero invisibili.

Questa ipotesi non è più sostenibile. I fatti osservati nelle stelle nuove ultimamente apparse, in ispecie nella memorabile stella del 1901, *Nova Persei,* dimostrarono essere impossibile pensare che nelle stelle nuove trattisi o dell'esplosione di

corpi solidi, o di immani eruzioni vulcaniche, o di mondi in fiamme.

Si ammette oggi con qualche fondamento che l' avvicinarsi o lo scontrarsi di due astri sia la causa prima e plausibile delle stelle temporarie o nuove.

Questo ammesso in generale, suppongono alcuni che dei due corpi cosmici, i quali si scontrano o si avvicinano, l'uno sia una stella l' altro una nebulosa. In tale supposizione ogni stella nuova deriverebbe da un intenso processo di conflagrazione, prodotto da ciò che una stella nella sua corsa attraverso gli spazii cosmici incontrerebbe una grande massa nebulare o pulverulenta o gasosa.

Pensano altri che lo scontro di due grandi astri, oppure quello di un grande astro e di una nebulosa non possa essere la causa vera delle stelle nuove. Secondo costoro le stelle nuove derivano ancora da uno scontro, ma dallo scontro di due fiumane cosmiche, di due correnti meteoriche. La subitanea luce delle stelle nuove, i fenomeni che l'accompagnano e la seguono dipenderebbero in questa ipotesi da una *interpenetrazione* di due o più sciami di meteoriti.

Non è a credersi che l' una o l' altra di queste nuove ipotesi risolvano in modo esauriente il controverso problema dell' origine delle stelle nuove, e l'attraentissima questione in esso implicitamente compresa dell'evoluzione fisica delle stelle in generale. Questa rimane tutt'ora oscura; molti fatti rimangono a spiegare fra gli osservati nelle stelle nuove.

§ V.

Le stelle variabili.

214. In cielo a partire dalla fine del secolo decimosesto si sono andate osservando stelle che passano successivamente per diversi gradi di intensità luminosa, ed alle quali si diede l'appellativo di variabili. Desse, a seconda delle oscillazioni della loro luce, si dividono ora in parecchie classi.

215. La prima classe di variabili è quella delle stelle nuove; di esse or ora si trattò abbastanza a lungo nel paragrafo precedente.

216. La seconda classe di variabili, la più numerosa, abbraccia le stelle che passano da uno splendore massimo ad uno minimo in un periodo oscillante fra sei mesi e due anni; presentano differenze di splendore grandi; non tutti i massimi e i minimi di luce per i quali passano sono uguali fra loro; non sempre la durata del loro periodo è costante.

Caratteristica di questa classe è la stella o della Balena (Mira Ceti), la quale nel suo massimo splendore è di seconda grandezza, nel minimo è per lo più invisibile anche con buoni telescopi, ed ha un periodo di 331 giorni.

217. Nella terza classe di variabili stanno alcune stelle il cui splendore è soggetto a lievi mutazioni in apparenza irregolari; tali sono ad esempio le stelle *alfa* di Orione e *alfa* di Cassiopea.

218. Vi sono stelle, quali *beta* della Lira e *delta* di Cefeo, che cambiano continuamente; nel corso di pochi giorni talune nel corso di poche ore, di

quattro ore ad esempio, passano per una serie non interrotta di splendori diversi, serie che ripetesi poi esattamente e regolarmente. Queste stelle formano una quarta classe di variabili.

219. La quinta ed ultima classe di variabili comprende alcune stelle le quali mantengono, durante la più gran parte del tempo, invariato il loro splendore. ma ad intervalli regolari perdono poi in poche ore quasi intieramente la loro luce, e con uguale rapidità la riacquistano. La più caratteristica fra le stelle di questa classe è Algol o *beta* di Perseo.

Questa stella è per lo più della seconda grandezza, ma ad intervalli di 2 giorni, 20 ore, 49 minuti, diminuisce fino a diventare della quarta grandezza, rimanendo in tale stato un' ora ed anche meno. Si è trovato che il periodo suo, cioè l'intervallo fra due diminuzioni consecutive dello splendore suo, va lentamente abbreviandosi.

220. Non s'è finora trovata ipotesi che valga a spiegare da sola tutti indistintamente i fenomeni presentati dalle diverse classi di variabili, forse perchè ad ogni classe di esse corrispondono una o più cause speciali di perturbazioni dello splendore.

Già dissi (paragrafo precedente) in qual modo si cerchino di spiegare le stelle della prima classe o nuove; non si potrebbero certo in ugual modo spiegare le variabili delle altre classi.

Prendendo per base le cognizioni che abbiamo del Sole, pensano alcuni che stelle com'esso costituite, e nelle quali le macchie si svolgessero in più vaste proporzioni, dovrebbero presentare cambiamenti notevoli di splendore. Dànno in questo modo fino ad un certo punto ragione delle variabili della classe seconda, e spiegano naturalissimamente quelle della terza.

È assai diffusa l'ipotesi la quale vorrebbe spiegare le variabili, supponendo che le parti diverse della loro superficie sieno diversamente splendenti, e rivolgansi successivamente alla Terra portate dalla rotazione delle stelle intorno a un proprio asse. È un'ipotesi che, se vera, spiegherebbe solo le variabili della quarta classe.

Rimangono le variabili della classe quinta. Le si spiegano per mezzo di un corpo oscuro o satellite della stella, il quale, portato dal proprio movimento intorno alla stella, passa a periodi determinati fra la stella e la Terra, ed occulta in tutto od in gran parte la stella.

Tali sono le ipotesi diverse ideate rispetto alle variabili; malgrado esse, può però affermarsi che delle variabili la scienza non è ancora giunta a rendersi conto esatto, pur riconoscendo in esse un indizio sicuro di grandi rivolgimenti nelle atmosfere stellari, o di vere e proprie evoluzioni fisiche nelle stelle.

§ VI.

La Via Lattea.
Distribuzione apparente delle stelle.

221. Nelle notti serene e non illuminate dal chiaror della Luna, non è chi non abbia contemplato la *Via Lattea,* la quale attraversa la vôlta celeste da una plaga dell'orizzonte alla plaga opposta, in forma di una splendida zona di nubi luminose.

222. Esaminando la Via Lattea con un telescopio si vede che essa è composta di un numero stragrande di piccole stelle, tanto vicine l'una all'altra da produrre nell'occhio la sensazione di una

massa continua di luce; essa accoglie in sè la maggior parte delle stelle telescopiche.

Questa agglomerazione gigantesca di stelle forma nel cielo un anello continuo, sebbene irregolare di densità e di forma; il Sole occupa nell'interno dell'anello una posizione abbastanza centrale; altre stelle son disseminate con minor frequenza al di fuori, nell'interno e da ambo i lati dell'anello.

Le dimensioni di questo anello o Sistema di stelle sono certamente grandissime, sebbene non sia ancora possibile esprimerle in numeri, neppure approssimativamente.

Non si può dire neppure se questo Sistema formi da sè tutto l'universo visibile, oppure, se esistano altri sistemi della stessa specie in regioni più lontane dello spazio. Tutto quello che si è affermato in questa materia è frutto di congetture più o meno arbitrarie. Una cosa sola possiamo per il momento affermare. ed è che la distribuzione apparente delle stelle in cielo non è uniforme. Esse si addensano nella regione della Via Lattea, diventano più e più rare quanto più si considerano regioni dalla Via Lattea lontane.

§ VII.

Le costellazioni. — I nomi delle stelle.

223. In tempi antichissimi, e probabilmente per opera dei Caldei, le stelle furono aggruppate in *costellazioni,* a ciascuna delle quali fu assegnato un nome. Della maggior parte di questi nomi è ora difficile assegnare l'origine e la ragione.

Fra le costellazioni, notissime sono quelle che il Sole attraversa, come abbiam detto nel paragrafo XI

del capitolo primo, in grazia del suo corso annuale apparente lungo l'eclittica. Sono le *costellazioni zodiacali*, e *Zodiaco* si chiama la zona di cielo che le comprende; ne abbiamo già enunciati i nomi (paragrafo appena citato) parlando del moto apparente annuo del Sole.

La zona zodiacale divide il cielo in due parti, una posta a settentrione, l'altra ad ostro; diconsi boreali o settentrionali le costellazioni a nord dello Zodiaco, australi o meridionali quelle a sud di esso.

224. Oltre alle 12 costellazioni zodiacali, noi abbiamo dunque le seguenti costellazioni boreali:

Grande Orsa
Piccola Orsa
Dragone
Cefeo
Boote
Corona boreale
Ercole
Lira
Cigno
Cassiopea
Perseo
Auriga o Cocchiere
Chioma di Berenice
Serpentario od Ofiuco
Serpente
Saetta
Aquila
Delfino
Piccolo Cavallo
Pegaso
Andromeda
Triangolo
Giraffa
Levrieri
Volpe coll' Oca
Leone minore
Lucertola
Lince

e abbiamo le seguenti costellazioni australi, di cui una parte è d'invenzione moderna:

Balena
Orione
Eridano
Lepre
Cane maggiore
Cane minore
Nave argo
Idra
Cratere o Tazza
Gru

Fenice	Ottante
Tucano	Mensa
Indiano	Idro
Corvo	Mosca
Centauro	Compasso
Lupo	Triangolo australe
Altare	Eldorado
Corona australe	Orologio
Pesce australe	Reticolo
Rinoceronte o Unicorno	Pittore
Croce australe	Norma
Pavone	Telescopio
Colomba	Cielo
Pesce volante	Microscopio
Camaleonte	Scultore
Uccello di paradiso	Fornello chimico
Scudo di Sobieski	Macchina pneumatica
Sestante	Bussola

225. Per imparare a conoscere le posizioni delle costellazioni o delle stelle principali coi loro nomi è necessario provvedersi di una *carta* o *planisfero celeste*, e raccomandarsi a qualche persona che additi una costellazione più rimarchevole da cui cominciare il confronto tra la carta ed il cielo. Una delle più opportune a questo fine è, per i paesi nostri, la costellazione della Grande Orsa o Carro maggiore nelle sere d'estate, la costellazione di Orione nelle sere d'inverno.

226. Per distinguere le stelle più brillanti di una medesima costellazione si usano le lettere dell'alfabeto greco, e si dice α (alfa) la stella più brillante, β (beta) la seconda, γ (gama) la terza in ordine di splendore, ecc. Cosi α della Lira significa la stella più brillante della costellazione della Lira, e β del Cigno indica la seconda fra le stelle di questa costellazione in ordine di splendore. Qualche volta l'ordine degli splendori non è esat-

tamente osservato, ma bisogna in ogni caso attenersi alle lettere segnate sulla Carta celeste.

227. I Greci e gli Arabi hanno fatto uso di nomi speciali per le stelle più brillanti, alcuni dei quali si sono conservati fino al nostro tempo; importa conoscerli. Sono:

Arturo	ossia	α di Boote
Gemma	"	α della Corona boreale
Vega	"	α della Lira
Deneb	"	α del Cigno
Capra	"	α dell'Auriga
Algol	"	β di Perseo
Altair	"	α dell'Aquila
Aldebaran	"	α del Toro
Castore	"	α dei Gemelli
Polluce	"	β dei Gemelli
Regolo	"	α del Leone
Denebola	"	β del Leone
Spica	"	α della Vergine
Antares	"	α dello Scorpione
Beteigeuze	"	α di Orione
Rigel	"	β di Orione
Sirio	"	α del Cane maggiore
Procione	"	α del Cane minore
Fomalhaut	"	α del Pesce australe
Canopo	"	α della Nave Argo
Achernar	"	α dell'Eridano

Fra queste, Sirio o α del Cane maggiore è di gran lunga la più brillante: viene in secondo luogo Canopo o α di Argo, che è invisibile nelle nostre latitudini per la sua troppa vicinanza al polo antartico.

228. Non per il suo splendore, ma per la sua posizione ed importanza, si geografica che nautica, ha meritato un nome speciale anche la stella α dell'Orsa minore, la quale si chiama più spesso

stella polare, od anche solo *Polare,* perchè di tutte le stelle visibili ad occhio nudo, è la più vicina al polo artico. Questa circostanza fa sì ch'essa tanto poco apparentemente si sposta che non sembra cambiar di sito durante la rotazione diurna della sfera celeste.

La Polare segna, rispetto all'orizzonte, una direzione poco men che fissa, che è quella del *nord,* o settentrione, per tutti i luoghi dell'emisfero settentrionale della Terra.

§ VIII.

Spettri delle stelle.

229. Le stelle dànno, come il Sole, uno spettro luminoso, solcato da righe oscure. Nella loro costituzione essenzialmente non differiscono quindi dal Sole; questo non è che una delle stelle del cielo, e le stelle sono altrettanti soli. Questa affermazione, già espressa nel paragrafo primo del capitolo presente, non ha quindi in sè nulla di arbitrario, ma riposa su un fatto certo ed indiscutibile.

230. Nei §§ VI, VII ed VIII del capitolo quarto già furono abbozzati i principi precipui della Spettroscopia. Là si disse: che i vapori incandescenti di un metallo producono uno spettro oscuro solcato da righe lucide e colorate; che lo spettro del Sole invece è luminoso e solcato da righe oscure. Qui giova aggiungere altri due fatti.

Qualche volta le righe lucide e colorate dello spettro ottico dei metalli, invece che sottili, appaiono sensibilmente larghe, ed in tal caso non hanno una tinta uniforme in tutta la loro larghezza,

ma, intensamente colorate sopra uno dei lati, van via via sfumando e prendendo una tinta sempre meno intensa, fino ad apparire sul lato opposto debolissimamente colorate. Si dice in questo caso che lo spettro è solcato da *scanalature lucide.*

In alcuni spettri le righe oscure appaiono non più sottili, ma sensibilmente larghe, non più uniformemente oscure in tutta la loro ampiezza, ma oscure su un fianco, sfumate sul fianco opposto. Prendono allora il nome di *scanalature oscure o d'assorbimento,* nome suggerito ai primi osservatori dal loro aspetto stesso.

231. Negli spettri ottici delle diverse sorgenti di luce si possono adunque avere, a seconda dei casi; o righe oscure altrimenti dette d'assorbimento; o righe lucide e colorate; o scanalature oscure altrimenti dette d'assorbimento; o finalmente scanalature lucide e colorate.

§ IX.

Spettri stellari tipici.

232. Gli spettri stellari si possono ridurre a quattro tipi principali.

233. Il primo tipo è uno spettro formato dalla successione quasi continua dei sette colori ordinari dell'iride, e solcato da poche righe oscure, alcune delle quali più intense.

Le stelle, che producono questo tipo di spettro, sono o biancheggianti o azzurrognole.

234. Il secondo tipo è uno spettro del primo non meno luminoso, ma solcato traversalmente da righe oscure, numerose, sottili e occupanti le stesse posizioni che quelle dello spettro solare.

È questo secondo tipo uno spettro perfettamente simile a quello del Sole, ed è prodotto dalle stelle gialle.

235. Il terzo tipo è prodotto dalle stelle aranciate e rosseggianti. È uno spettro nel quale vi sono diverse bande o larghe zone colorate, solcate in alcuni punti da righe oscure sottili, in altri da righe larghe o scanalature oscure dalla parte verso il violetto, sfumate da quella verso il rosso.

Nel suo insieme questo spettro si presenta come una colonna scanalata veduta di prospetto.

236. Il quarto tipo è il più bizzarro e vario. È formato da bande luminose interpolate con bande oscure, e nel suo insieme presenta esso pure, come il terzo, l'aspetto di colonna scanalata, ma si distingue nettamente dal terzo per questo, che in esso mancano righe sottili oscure, e le scanalature sono oscure dalla parte verso il rosso, sfumate da quella verso il violetto.

Questo quarto tipo raccoglie alcune stelle di piccola grandezza e per lo più di colore quasi rosso.

237. Poche stelle producono spettri diversi dai quattro tipi descritti. Sono spettri che hanno righe semplici isolate, che, al posto di alcune righe oscure degli spettri ordinari, portano delle righe lucide, e che, volendo, potrebbero radunarsi in un quinto tipo a righe lucide (1).

---

(1) Altri raccolgono, per rispetto al loro spettro, le stelle in tre sole categorie: stelle nel cui spettro le righe metalliche od oscure sono debolissime o interamente invisibili; stelle nel cui spettro le righe metalliche sono numerose e ben visibili; stelle nel cui spettro, oltre alle righe metalliche, si incontrano larghe zone o meglio bande oscure.

§ X.

Spettri dei corpi semplici e dei composti.

238. Per giudicare dell'importanza che hanno i diversi spettri stellari osservati, bisogna conoscere due fatti che nella Spettroscopia si ritengono abbastanza dimostrati ed indubitabili.

I corpi semplici ad altissime temperature danno uno spettro a righe strette, distinte, sottili; se ad altissime temperature, ed inoltre sottoposti a forti pressioni, dànno nello spettro righe meno ben limitate e definite da amendue le parti.

I composti chimici dànno spettri di tutt'altra natura. Gli ossidi, i cloruri, le differenti specie di idrogeno carbonato mostrano allo spettroscopio bande oscure, non uniformemente oscure in tùtta la loro superficie, ma sfumate, fosche cioè da uno dei lati e più chiare dall'altro.

§ XI.

Diversa temperatura e diversa composizione chimica delle stelle.

239. Se si paragonano fra di loro i fatti esposti nei due paragrafi precedenti, si scorge senza altro che gli spettri delle stelle offrono appunto i diversi caratteri degli spettri dei corpi semplici e dei composti, e nasce spontaneo il pensiero che la diversa temperatura e la conseguente diversa composizione chimica sieno le cause che producono i diversi tipi di spettri stellari.

Le stelle sono altrettanti soli, ma questa affer-

mazione non deve essere presa nel senso letterale della parola, nè suona identità. Fra il Sole e le stelle, fra stelle e stelle esistono differenze non solo di colore e di splendore; le osservazioni accennano inoltre a vere differenze di composizione chimica.

240. Esistono stelle a temperatura elevatissima. I gas metallici esistenti nelle loro atmosfere esercitano sulla luce delle loro fotosfere un assorbimento minimo, e le righe oscure sono per conseguenza nei loro spettri o tenuissime, o affatto invisibili, o rovesciate qualche volta in lucide.

Sono le stelle che dànno spettri del primo e del quinto tipo.

241. Esistono stelle a temperatura più bassa di quella delle stelle appena considerate, ma ancora assai elevata. Nelle loro atmosfere, cosi come in quella del Sole, possono esistere vapori metallici capaci di assorbire la luce della fotosfera, e dei quali la facoltà assorbente è resa manifesta appunto dalle numerose righe oscure dello spettro.

Sono le stelle che producono spettri del secondo tipo.

242. Esistono stelle a temperatura molto bassa, e bassa al punto che composti chimici possono generarsi e mantenersi nelle loro atmosfere, producendo un assorbimento forte, e reso nello spettro loro manifesto dalle scanalature oscure, passanti per sfumature da uno ad un altro grado di oscurità.

Sono le stelle che producono gli spettri del terzo e del quarto tipo.

243. Trassero alcuni, da quanto si è appena detto, la conseguenza che le stelle passano per diverse fasi di svolgimento, contrassegnate ciascuna da un diverso grado di temperatura, e che esse

sono astri i quali vanno successivamente perdendo di calore, predestinati tutti a spegnersi col tempo. È una conseguenza prematura, e che per ora non ha fondamento sufficiente di verità. Il problema dell'evoluzione fisica delle stelle è ancora troppo oscuro perchè in esso sieno oggi possibili affermazioni o negazioni assolute di sorta. Solo osservazioni lunghe e rigorose permetteranno agli astronomi avvenire di scrivere intorno ad esso uno dei capitoli più interessanti della scienza.

§ XII.

Movimenti apparenti e proprii delle stelle.

244. Noi abbiamo veduto che la Terra, isolata nello spazio, ha due movimenti: uno di rivoluzione intorno al Sole, ed uno di rotazione intòrno al proprio asse. Abbiamo veduto quali apparenze producano questi due movimenti nell'aspetto del cielo; ci siamo persuasi che tali apparenze prendono anche esse la forma di movimenti: uno lento del Sole, che sembra girare intorno a noi da ponente a levante nell'intervallo di un anno; l'altro, molto più rapido, della vôlta celeste, da levante a ponente, e che si compie in 24 ore.

Il moto apparente diurno della sfera stellata, come sappiamo, si fa intorno a due poli; la posizione di questi non è fissa, ma varia lentamente col corso dei secoli. La stella che ora chiamiamo Polare, alcune migliaia di anni fa era molto lontana dal nostro polo, e di nuovo ne sarà molto lontana in capo ad altre migliaia d'anni. Questa variazione della direzione dell'asse intorno a cui la sfera celeste sembra rivolgersi, è ancor essa

un'apparenza, prodotta da questo che la direzione dell'asse della rotazione diurna della Terra non è costante nello spazio, ma va lentissimamente cambiando coll'andar dei secoli. È il fenomeno conosciuto sotto il nome di *precessione.*

Tutti i predetti movimenti però non alterano per nulla le posizioni e le distanze relative delle stelle fra loro, nè la forma o la grandezza delle costellazioni, perchè essi non avrebbero luogo se noi, invece che sulla Terra mobile, ci trovassimo fissati in un punto dello spazio cosmico senza alcun moto nostro proprio.

245. Ma dopo di aver tenuto conto di tutte queste apparenze, le esatte osservazioni da un secolo in qua han fatto riconoscere nelle stelle altri movimenti, che furono detti *movimenti proprii.*

Mi spiego con un paragone: supponiamo di trovarci in mare entro un battello circondato da varie altre navi ferme, e di avanzarci fra queste in una qualunque direzione determinata. È evidente che quelle navi le quali si trovano a destra o a sinistra della nostra strada ci sembreranno muoversi in verso contrario a quello secondo cui noi ci moviamo. È evidente ancora che quelle navi a cui ci andiamo accostando, sembreranno allontanarsi l'una dall'altra e allargare i loro intervalli; è evidente inoltre che quelle navi da cui ci veniamo allontanando sembreranno avvicinarsi fra loro e formar un insieme più compatto. È evidente infine che questo effetto prospettico accadrà non solo quando le navi siano ferme ciascuna al proprio posto, ma anche quando esse si muovano, purchè i loro movimenti si facciano indifferentemente in tutte le direzioni ciascuna in un verso differente dalle altre. Giudicando quindi non da ciascuna nave presa ad una ad una, ma dall'intero loro numero, e dall'in-

sieme delle apparenze da esse presentate, si potrà arguire qual sia la direzione del moto del battello nostro e affermare che noi ci moviamo verso quella parte dell'orizzonte, dove le navi paiono diventare più grosse e più rare.

246. Questo è esattamente il caso delle stelle. Si trova che esse tutte, o almeno la massima parte, sono dotate di lentissimi movimenti, molto varii e nella direzione e nella proporzione della velocità. Si trova che nella regione celeste occupata dalla costellazione di Ercole le stelle tendono ad allontanarsi le une dalle altre e le loro configurazioni ad allargarsi; si trova che paiono invece restringersi gli intervalli fra le stelle delle costellazioni intorno alla Lepre e alla Colomba. Si trova infine che nelle regioni del cielo intermedie fra le costellazioni di Ercole da una parte, della Lepre e della Colomba dalla parte opposta, l'andamento generale dei moti delle stelle, quali si manifestano in mezzo alla loro infinita varietà, è una tendenza ad allontanarsi dalla costellazione di Ercole e ad avvicinarsi alle costellazioni della Lepre e della Colomba.

Osservando adunque e discutendo le più precise osservazioni, gli astronomi hanno per mezzo dei fatti appena descritti potuto accertare che la Terra, con tutto il Sistema planetario, si va allontanando dalle stelle poste nella direzione della Lepre e della Colomba, e si va avvicinando alle stelle di Ercole. La natura di questo movimento, e la forma della linea descritta dal centro del Sistema solare nel suo progresso, non si possono oggi definire, e formeranno materia di studio nei secoli avvenire.

Risulta dalle ricerche finora fatte che si può con fondamento affermare il moto di traslazione del

Sole attraverso agli spazii cosmici, ma che l'ultima parola non può ancora pronunciarsi rispetto alla direzione di esso e alla velocità sua. Si ritiene in generale che il Sole si muove verso un punto del cielo boreale situato nella costellazione di Ercole, si trovano per la velocità del suo moto valori numerici non troppo diversi fra loro e non lontani da quelli delle velocità grandi e note dei corpi cosmici in generale, ma sono risultati per il momento solo più o meno probabili.

247. Non si creda che con questo siano esauriti tutti i movimenti delle stelle. Oltre al moto generale apparente che ad esse deriva, come vedemmo, dal moto reale di traslazione del Sistema solare nello spazio, esistono in molte stelle movimenti speciali, individuali, reali i quali di ognuna di esse sono proprii. Trattasi di movimenti che le stelle descrivono con varia velocità nella direzione della visuale secondo cui dalla Terra sono viste; trattasi di altri movimenti che avvengono nella direzione della perpendicolare ad essa visuale, movimenti che noi studiamo distinti ma che si compongono poi in un movimento unico risultante.

Può quindi affermarsi di molte stelle che esse si muovono nello spazio secondo una propria direzione, con una velocità loro propria. Il moto del Sole verso la costellazione di Ercole non è che un esempio particolare di tali movimenti, perchè, come sappiamo, il Sole è una stella anch'esso.

248. Circa la velocità di questi movimenti, noi sappiamo soltanto ch'essa è grande e paragonabile affatto alla velocità con cui i pianeti percorrono le loro orbite. Ma a cagione della enorme distanza delle stelle da noi, questi movimenti ci appaiono estremamente lenti. Il più veloce di essi è, per quanto si conosca, quello di una piccola

stella della Grande Orsa, la quale però impiega più di 250 anni a percorrere nel cielo un tratto uguale al diametro apparente del Sole o della Luna. Tutti i movimenti proprii apparenti delle altre stelle sono molto più lenti.

Quando bene si conosceranno le direzioni e le velocità dei moti singoli delle stelle, la direzione e la velocità del moto di traslazione del Sole, l'Astronomia siderale verrà ad assumere una fisionomia affatto nuova, e i principii fondamentali della meccanica troveranno nel Sistema delle stelle applicazioni nuove e grandiose. Gli studi pazienti e oggi popolarmente poco apprezzati dei movimenti dai quali il presente paragrafo prende il titolo hanno quindi un grande avvenire.

Col tempo in conseguenza di questi moti proprii delle stelle, le costellazioni cambieranno di forma e i gruppi stellari si costituiranno diversamente; tuttavia tali mutazioni non produrranno effetti sensibili che in capo a molte migliaia di anni.

§ XIII.

Stelle doppie e multiple.

249. Un'altra specie di moto proprio stellare, assai degno di considerazione, è quello di una stella, che descrive un'orbita intorno ad un'altra, ossia di un Sole che fa come da pianeta ad un altro Sole (fig. 43).

Di questi sistemi doppii se ne conoscono oramai parecchie migliaia; però solamente in cinquecento o seicento di essi il moto è abbastanza rapido, perchè lo si sia potuto accertare nei non molti decenni dacchè s'incominciò a studiarlo.

In alcuni di questi sistemi stellari la durata della rivoluzione è più breve di quella di Urano e di Nettuno intorno al Sole. Così il piccolo astro che serve di satellite a Sirio descrive la sua orbita intorno a Sirio stessa nel periodo di soli cinquant'anni; la stella η della Corona è composta di due stelline eguali, che girano l'una intorno all'altra (probabilmente invece tutte due intorno ad un punto intermedio) in 43 anni; il satellite della stella ζ di Ercole si rivolge intorno alla sua stella principale in 36 anni; un'altra stella doppia nella costellazione detta Chioma di Berenice ha una durata di rivoluzione uguale a soli 25 anni.

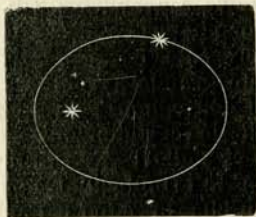



Fig. 43.

250. Esistono anche, nel cielo, molte stelle triple; poche però di esse hanno manifestato movimenti sensibili.

Il caso più interessante è quello della stella ζ del Cancro, composta di tre stelle quasi eguali: due di esse, vicissime fra loro, si aggirano l'una intorno all'altra compiendo una rivoluzione in 60 anni; la terza, un po' più lontana, gira intorno alle due prime in un periodo di più centinaia d'anni, la cui durata precisa non è però ancora bene definita.

Le orbite descritte dai satelliti delle stelle doppie sono certamente dell'istesso ordine di grandezza delle orbite descritte dai pianeti intorna al Sole. Ma a cagione dell'immensa distanza quei sistemi orbitali ci appaiono sotto dimensioni estremamente piccole. L'ampiezza apparente dell'orbita descritta, ad esempio, da η della Corona è quella che presenterebbe un nostro anello ordinario veduto alla distanza di due chilometri. Gli strumenti astronomici permettono di *vedere* un anello di si piccole dimensioni apparenti; i procedimenti micrometrici, altri procedimenti recentemente tratti dalla Spettroscopia e dei quali non è qui possibile trattare, permettono ben anco di *misurarlo*.

251. Le stelle doppie sono in generale colorate, anzi le colorazioni più rimarchevoli ed i contrasti più curiosi di colore vengono in cielo mostrati dalle stelle multiple.

Se le componenti hanno grandezze uguali o poco diverse, hanno in generale lo stesso colore, o bianco o giallo; se le grandezze loro sono notevolmente diverse, la componente maggiore, poche eccezioni fatte, ha colore meno rifrangibile e che va dal giallo al rosso, le componenti minori hanno colori più rifrangibili e che vanno dall'azzurro al violetto.

§ XIV.

Cumuli e nebule.

252. Le stelle sono sparse su tutto il cielo in modo molto irregolare; si incontrano in cielo ampi spazii dove non splende alcuna stella; in spàzii angusti invece si vedono stelle numerose aggruppate e fra loro vicinissime.

È notevolissimo il gruppo delle *Pleiadi*, nella costellazione del Toro. Presenta, a chi è dotato di vista comune, sei stelle, raccolte in uno spazio poco maggiore di quello apparente occupato dal disco lunare; persone di vista eccellente scorgono in esso 12 o 13 stelle; con cannocchiali potenti se ne possono contare più di 400.

Nella costellazione del Cancro v'è il così detto *Presepe*, che ad occhio nudo, sembra una piccola nube biancastra. Basta un piccolo cannocchiale per mostrare ch'esso è un gruppo di 40 o 50 piccole stelle, la luce delle quali si confonde nell'occhio, generando l'impressione d'una nubecula luminosa a cagione della grande vicinanza in cui esse stelle si trovano fra loro.

Un'altra piccola nube luminosa dello stesso genere si trova nella Via Lattea, fra le costellazioni di Perseo e di Cassiopea; essa pure, con un mediocre telescopio, si decompone in centinaia di piccole stelle.

253. Tali aggruppamenti di stelle sogliono chiamarsi *cumuli*; è difficile ammettere ch'essi sieno l'effetto di una causale proiezione prospettica, è difficile non ammettere che le stelle di ogni cumulo formino un vero e speciale sistema fisico, un sistema in altre parole di *soli* vicini fra loro. La fig. 44 qui di contro può dare un'idea dell'aspetto di queste formazioni.

Il numero dei cumuli è stragrande, perchè esaminando il cielo con un cannocchiale anche mediocre, compaiono subito centaia di piccole nubi luminose, le quali, alla lor volta, con cannocchiali maggiori, si risolvono in moltitudini di piccolissime stelle. Tale ad esempio è un bellissimo cumulo, il quale si trova fra le stelle ζ ed η di Ercole, e che sopra una superficie apparente minore di

un decimo del disco lunare, mostra in un cannocchiale di qualche forza più migliaia di stelle estremamente minute. Questo cumulo si riconosce facilmente ad occhio o con qualunque debole cannocchiale; appare in tal caso come una piccola

Fig. 44.

nube biancastra, più luminosa al centro che nel suo contorno.

254. Accrescendo la potenza dei telescopi si accresce il numero di tali nubecule luminose, delle quali la risoluzione in stelle è riservata ad altri telescopi più potenti. Ma oltre a queste *nebule risolubili,* ne esistono altre *irresolubili*, che nessuna

Fig. 45.

potenza di telescopio ha potuto scindere in stelle, e ciò probabilmente a cagione della loro natura effettivamente *nebulare*. Queste sono le vere *nebule*, altrimenti dette anche *nebulose*.

L'esempio più bello di questa specie è dato dalla *nebulosa d'Orione* (fig. 45), che si trova nella co-

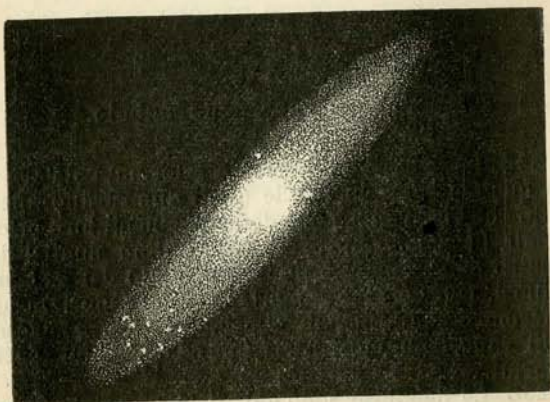



Fig. 46.

stellazione di questo nome. La sua forma è affatto irregolare, ramificata nel modo più bizzarro, indescrivibile, senza contare che variazioni di aspetto furono in essa constatate per mezzo di osservazioni fatte coi grandi cannocchiali americani, i più potenti del mondo.

Altre nebule hanno invece aspetto simmetrico, per esempio quella vicina alla stella ν di Andromeda, detta perciò nebulosa d'Andromeda (fig. 46).

Dessa è visibile ad occhio nudo, e la sua forma è regolarissima, quasi perfettamente ovale.

Esistono nebule aventi la forma o di globo, o di disco, o di anello, o di spirale; esistono nebule o doppie, o triple; esistono nebulose variabili.

Vi sono infine nebule rotonde, nel cui centro brilla una stella, e che sogliono chiamarsi *stelle nebulose.*

§ XV.

Spettri e natura delle nebule.

255. Lo spettro delle nebule è formato da tre o da quattro righe lucide, le quali dimostrano anzitutto che l'idrogeno è uno dei componenti loro principali, in scondo luogo che in ultima analisi lo spettro delle nebule è uguale a quello dei gas luminosi. Questo fatto importantissimo autorizza ad affermare che le nebule constano di masse gasose, o di vapori luminosi rarissimi ed occupanti spazii enormi.

256. Le nebulose sono quindi in uno stato fisico totalmente diverso da quello delle stelle e del Sole.

Le stelle sono in istato di incandescenza, emettono raggi d'ogni specie, e solo una parte di questi è in esse assorbita dalle loro atmosfere.

Nelle nebule la materia è invece in uno stato di mera combinazione chimica, così com'è nelle nostre fiamme, ed emette per conseguenza raggi di una o pochissime qualità.

La diversa costituzione fisica delle nebulose e delle stelle ha fatto pensare che le nebulose possano essere comparativamente più vicine al nostro sistema planetario che le stelle. Finora però a que-

sto proposito le osservazioni poco dicono. Di rare nebulose si potè determinare con precisione non grande la distanza, e questa fu trovata dell'ordine delle distanze delle stelle.

257. Molto si è scritto e pensato intorno all'origine delle nebulose, ma un'ipotesi che tutte le spieghi, appaiano esse o tonde o irregolari o spiraliformi, per il momento non si ha.

Alcuni pensarono che le nebule si debbano considerare come stelle o gruppi di stelle in via di formazione. In quest'ipotesi la materia rara di cui sono composte le nebule andrebbe concentrandosi a quel modo press'a poco con cui nelle nuvole si concentrano e generano le goccie di pioggia. In quest'ipotesi tutto il sistema stellato, e il Sole con esso, non sarebbe stato, da principio, che un'enorme massa di vapori sparsi per gli spazii dell'universo. Tale massa, dividendosi e concentrandosi intorno ad un gran numero di centri o nuclei, avrebbe dato origine al Sole, ai pianeti, alle stelle, a tutto quanto esiste nel mondo materiale.

È questa un'ipotesi seducente che per qualche tempo trovò favore fra gli scienziati, ma essa è oggi abbandonata perchè troppo inetta a dare ragione di tutti i fatti conosciuti, e meno che mai dell'Universo.

Fu osservato che i vapori di frammenti di meteoriti portati ad alta temperatura danno spettri luminosi identici, per quel che riguarda l'idrogeno e il carbonio, agli spettri delle nebulose.

Questo fatto diede qualche favore all'ipotesi meteorica, secondo la quale le nebulose del cielo deriverebbero tutte da associazioni di meteoriti.

I meteoriti non sono, è vero, per sè medesimi luminosi ma tali diventerebbero in grazia di urti e collisioni reciproche. Uno sciame meteorico nel

quale avvenissero collisioni continue, finirebbe per irradiare luce che emanerebbe dall'ardere dei gas prodotti dalle collisioni. A spiegare poi collisioni continue, basterebbe immaginare sciami in cui i meteoriti si rivolgessero in orbite chiuse attorno ad un centro di gravità.

Molti fatti attentamente studiati portano oggi a pensare con fondamento che lo spazio sia realmente un *plenum* meteorico. Le diverse forme di nebulose indicherebbero moti, incontri, compenetrazioni di sciami meteorici. Le nebulose più splendenti e le parti più splendenti di una data nebulosa accennerebbero ad un maggior numero di collisioni in un dato volume o spazio.

Vi sono negli urti e nelle collisioni di meteoriti, negli svolgimenti di calore, di vapori, di gas, sui quali riposa quest'ipotesi meteorica, questioni ardue di meccanica, di fisica, di chimica finora insolute, e che potrebbero rendere impossibile forse inverosimile l'ipotesi stessa. Ciò toglie all'ipotesi meteorica per ora il carattere di una teoria scientifica dimostrata, ma non fa che essa ipotesi non abbia caratteri atti ad attrarre e fermare l'attenzione degli scienziati e dei pensatori.

CAPITOLO SESTO

Fotografia astronomica.

§ I.

Come la fotografia divenne un nuovo metodo di osservazione astronomica.

258. La fotografia costituisce oggi un nuovo metodo di misura, un vero e nuovo metodo di osservazione astronomica.

Numerosi ostacoli si dovettero superare per riuscire a un tale risultato, per stringere in connubio fecondo la fotografia e l'astronomia, quella uno fra i moderni trovati dell'ingegno umano, la più popolare fra le invenzioni del nostro tempo, questa la più antica, la più solitaria e forse la più aristocratica fra le scienze.

259. Un primo ostacolo a superare stà nella mobilità estrema del Sole, della Luna, dei pianeti, delle stelle, di tutti gli astri in generale.

Si vince questo ostacolo per mezzo di un meccanismo quasi di orologeria, il quale dà alla lente, che raccoglie i raggi luminosi partiti dall'astro, un movimento analogo e sincrono a quello dell'astro stesso, sicchè e lente ed astro movendosi di conserva, l'immagine dell'astro finisce per rimanere lungamente fissa nel fuoco della lente. Sono or-

mai comuni e varii questi congegni meccanici, detti in linguaggio tecnico *montature parallatiche*, che dànno al cannocchiale un movimento sincrono ed analogo a quello degli astri che si vogliono osservare.

260. Un secondo ostacolo complesso, e che praticamente si risolve in diversi ostacoli parziali, dipende dalla natura stessa dell'astronomia.

Essa vuole osservazioni, ed osservare non vuol dire vedere o rappresentare, ma è sinonimo di misurare. Le immagini date dalla fotografia, in quanto mirano a tornar utili all'astronomo, devono avere, non come le immagine fotografiche ordinarie, la sfumatura e la grazia di un contorno artistico, ma la precisione netta e cruda di un contorno geometrico; devono avere dimensioni e caratteri tali che su di esse l'astronomo possa vedere quello a cui l'occhio anche armato di potente telescopio non arriva per ragioni fisiologiche od altro, possa fare misure che superino o almeno uguaglino in precisione quelle per altra via ottenibili.

261. Non basta quindi all'astronomo fotografare la piccola immagine che si forma al fuoco di una lente ordinaria, ridurre in seguito a dimensioni maggiori questa immagine, e sui successivi ingrandimenti suoi eseguire alla fine le misure. Coll'ampliarsi dell'immagine fotografica si ampliano ad un tempo i difetti propri della fotografia, nè le misure prese su immagini successivamente ampliate coi procedimenti proprii del fotografo possono ispirare fiducia.

A riuscire precise le misure devono essere fatte sulla immagine direttamente incisa dai raggi luminosi, e poichè la precisione vuole ad un tempo, che queste misure sieno eseguite su immagini sufficientemente grandi, necessità vuole che nella foto-

grafia celeste si ricorra ad una disposizione ottica tale, che porti sulla lastra fotografica un'immagine dell'astro di sufficienti dimensioni.

262. Per ottenere grandi immagini non vi sono che due mezzi: impiegare una lente di breve distanza focale, ed ampliare l'immagine necessariamente piccola formantesi al suo fuoco, facendo che i raggi da essa immagine emananti attraversino un apparato ottico speciale prima di arrivare alla lastra fotografica sensibile; impiegare una lente di lunga distanza focale, capace di dare senz'altro un'immagine avente le dimensioni richieste, e là dove si forma quest'immagine porre la lastra sensibile.

Sul primo principio è fondata la costruzione dei così detti *foto-eliografi*, divenuti celebri per le applicazioni che se ne son fatte specialmente in Inghilterra.

Sul secondo principio è fondata oggi la costruzione della più gran parte degli strumenti destinati in astronomia ad osservazioni fotografiche, di quelli in ispecie usati nella fotografia delle stelle.

263. Già fu detto che l'immagine fotografica deve in astronomia avere un contorno preciso, netto, geometrico.

Nel paragrafo sesto del capitolo quarto fu detto anche che un raggio di luce il quale attraversa un prisma di vetro si decompone nei colori diversi dell'iride.

Quello che là si disse per un prisma, vale per ogni mezzo rifrangente, e per ogni lente; anche nell'attraversare una lente di vetro la luce si decompone nei colori diversi onde essa risulta, e poichè ad ogni colore corrisponde una speciale distanza focale, una lente dà di un corpo luminoso immagini diverse, diversamente colorate e situate in piani diversi.

Per poter usare con vantaggio delle lenti rifrangenti, fu necessario studiare il modo di riunire e di scolorare le immagini formantisi al loro fuoco, fu necessaria la scoperta dell'*acromatismo* delle lenti. Senza di essa sarebbe stato impossibile ottenere, per mezzo di una lente rifrangente, l'immagine scolorata, precisa dei contorni di un oggetto.

264. Ora l'*acromatismo* necessario alla precisione dell'immagine non è lo stesso per l'immagine luminosa e per la fotografica.

Per ottenere un'immagine otticamente precisa, bisogna cercare di riunire, di fondere quasi insieme tutti i raggi diversamente colorati dello spettro, ma più specialmente quelli che fanno sull'occhio un'impressione più viva, e che partono dalla regione dello spettro colorata in giallo.

La precisione dell'immagine fotografica richiede invece che insieme sieno riuniti quei raggi che emanano dalla regione dello spettro dotata di maggior potenza chimica, che agiscono sulla lastra fotografica sensibile con maggiore efficacia, e che appartengono alla zona dello spettro colorata in violaceo.

Le lenti ordinarie costrutte per i nostri cannocchiali non possono quindi essere senz'altro applicate alla fotografia, e specialmente alla fotografia astronomica. Si voglia usare un foto-eliografo oppure un cannocchiale di lunga distanza focale, bisogna costrurre nel primo caso l'apparecchio ottico destinato ad ampliare l'immagine data dalla lente obbiettiva, nel secondo caso costrurre la lente obbiettiva stessa in modo che sia chimicamente acromatica.

E l'uno e l'altro problema fu felicemente risolto, ed oggi specialmente, per le lenti chimicamente

acromatiche, si hanno metodi sicuri e diversi di costruzione.

A Iena, in Germania, dopo un lungo e ostinato lavoro, si sanno oggi fabbricare nuove paste vitree i cui indici di rifrazione vanno da 1.5019 a 1.9626 e che oggi permettono, nel caso limitato di diametri non superiori ai 15 cent. circa, la costruzione di obbiettivi dal punto di vista dell'acromatismo perfetti, obbiettivi dagli ottici e dai fotografi apprezzatissimi.

265. Dal momento che all'astronomia occorre di fare misure direttamente sulle immagini fotografiche, bisogna che queste sieno di dette misure suscettibili; bisogna che le immagine fotografiche non subiscano col tempo trasformazioni dovute al contrarsi della pellicola sensibile: bisogna che non esista *irradiazione* fotografica, che cioè l'immagine fotografica di un oggetto vivamente luminoso non ne oltrepassi il vero contorno geometrico; bisogna infine che la precisione possibile ad ottenersi con misure fatte su prove fotografiche sia quale è richiesta dalle esigenze astronomiche.

I progressi fatti dalla tecnica fotografica nella costruzione delle lastre sensibili, le esperienze fatte sulle prove fotografiche date da queste lastre non lasciano dubbio che a tutte le esigenze di un'osservazione astronomica la fotografia è ora in grado di soddisfare.

§ II.

Fotografie della Luna, di Giove e di Saturno.

266. Oramai la fotografia è il mezzo più efficace di cui la scienza possa disporre nella costruzione

delle carte della Luna, e nello studio dei dettagli della superficie lunare.

L'esperienza ha dimostrato che parti della Luna ugualmente brillanti e luminose, uguali in altre parole del punto di vista ottico, tali non sono dal punto di vista chimico; che nelle immagini lunari fotografiche la luce e l'ombra non corrispondono in ogni caso alla luce e all'ombra delle immagini ottiche; che la fotografia rende di frequente visibili dettagli i quali sfuggono all'occhio.

Vi sono difficoltà speciali ad ottenere una bella fotografia della Luna; la parte ad esempio di superficie lunare più vicina, nelle fasi, al suo lembo oscuro si ottiene solo con grande difficoltà; talora a ricavare distintamente l'immagine delle regioni illuminate da un raggio solare molto obliquo si richiede un'esposizione da cinque a sei volte più grande di quella che basta per altri tratti apparentemente non più luminosi ma più favorevolmente illuminati; gli altipiani dell'emisfero australe della Luna si possono fotografare molto più facilmente che i bassi fondi, comunemente detti mari, i quali abbondano nell'emisfero lunare opposto.

Malgrado queste ed altre difficoltà di ordine diverso, il lavoro ostinato degli ultimi quarant'anni riusci ad ottenere in Europa e in America fotografie lunari che ormai possono dirsi perfette (1).

267. La fotografia poco o nulla contribui ad ac-

(1) Sono apprezzatissime fra gli astronomi le fotografie lunari fatte in America all'osservatorio Lick sul Monte Hamilton col grande cannocchiale di 36 pollici di apertura; le altre fatte all'osservatorio di Parigi e che formano l'ornamento precipuo dell'opera " *Atlas photographique de la Lune publié par l'observatoire de Paris exécuté par MM. M. Loewy et P. Puiseux* „ Paris, Imprimerie nationale, opera arrivata oggi al suo settimo fascicolo.

crescere le cognizioni nostre sulla costituzione fisica dei pianeti. Quello che a questo riguardo sappiamo lo si deve alla Spettroscopia e all'osservazione diretta fatta con potenti cannocchiali: per la fotografia sono troppo piccoli i diametri apparenti dei pianeti; sono troppo piccoli gli ingrandimenti dei quali i fotografi possono con vantaggio usare; sono troppo minuti per una prova fotografica i dettagli che importa studiare sulle superfici di Marte, di Giove, di Saturno, dei pianeti in generale.

Due sono i casi nei quali la fotografia ha sull'occhio umano un vantaggio innegabile: il caso in cui si tratta di rappresentare un oggetto debolmente luminoso, una pallida nebulosa del cielo ad esempio: il caso in cui si tratta di rappresentare un oggetto intensamente luminoso come il Sole, o un oggetto lucido che rapidamente si muova. Nell'un caso il fotografo riesce nell'intento suo prolungando quanto è necessario la posa; nell'altro riesce aumentando la sensibilità della lastra, e riducendo ad un istante, a una frazione di minuto secondo, la durata dell'esposizione.

Nei casi intermedii fra i due estremi considerati, nel caso di Marte ad esempio, non di rado l'occhio e l'osservazione diretta vincono ancora oggi i metodi fotografici.

Fotografie di pianeti, di Giove e di Saturno in ispecie, furono in luoghi diversi eseguite, ed esse valsero a dimostrare che nella luce dei corpi celesti lo splendore e l'azione chimica, altrimenti detta *potere attinico*, non si corrispondono esattamente.

Lo splendore di Giove, ad esempio, in alcune circostanze fu stimato un terzo dello splendore generale della Luna, ed il potere attinico della sua

luce fu contemporaneamente trovato uguale a quattro o cinque sesti di quello della luce lunare; Saturno in generale impiega 12 volte il tempo che Giove a produrre una fotografia di ugual perfezione, e, ciò malgrado, qualche volta in brevissimo tempo si riuscì ad ottenere contemporaneamente la fotografia di Saturno e della Luna, proprio nell'istante in cui il pianeta emergeva di dietro al disco lunare.

§ III.

Fotografie del Sole. Granuli, grani di riso, filamenti lucidi della fotosfera.

268. Fotografare il Sole equivale a fotografare la superficie luminosa che lo contermina, quella che noi direttamente vediamo e che nel paragrafo terzo del capitolo quarto abbiamo detto chiamarsi fotosfera.

269. Risalgono al 1858 i primi tentativi di fotografare il Sole; in tutte le eclissi di Sole avvenute dal 1868 in poi sempre fu applicata la fotografia alla lora osservazione; dal giorno in cui si cominciarono a costrurre foto-eliografi, l'esecuzione di fotografie solari divenne per non pochi osservatorii astronomici una delle occupazioni normali; ai foto-eliografi fu con successo sostituita più tardi una lente di lunga distanza focale, e, ad evitarne il difficile maneggio, si combinò: di mantenere anzitutto la lente, la montatura sua, tutti gli accessorii che della montatura fan parte, in una posizione fissa ed immutabile; di collocare in secondo luogo di fronte alla lente uno specchio piano che, mosso da un opportuno congegno, rifletta continuamente l'imma-

gine del Sole nella direzione voluta dalla posizione fissa della lente stessa.

270. Con quest'ultima disposizione si ottengono da qualche anno della fotosfera solare fotografie bellissime.

Sono prove che rappresentano il Sole come un disco largo 30 centimetri; che richiedono una durata di esposizione brevissima, di appena un duemillesimo di minuto secondo; che abbisognano di processi delicati e speciali sia nella preparazione delle lastre sensibili che nello sviluppo delle immagini.

Sono prove che rappresentano della fotosfera solare non solo i maggiori dettagli, come le facole e le macchie delle quali si è nel capitolo quarto parlato, ma che dànno ancora un concetto preciso de' suoi dettagli minori e della struttura sua che già definimmo minuta, irregolare, soggetta a mutazioni incessanti.

271. La fotosfera solare, quale appare nelle recenti sue prove fotografiche, è sparsa di punti lucentisssimi, detti *granuli*, separati fra loro da interstizii meno lucidi, per ragione di contrasto oscuri, quasi neri in apparenza. Più che una fotosfera, essa dovrebbe dirsi una rete fotosferica, poichè il suo fondo generale oscuro, disseminato di *granuli* lucidi, discontinui, presenta appunto l'aspetto di una rete a maglie molto minute.

272. I *granuli* per il loro grande splendore risaltano come punti di fuoco sulla fotosfera; se ne incontrano su questa per ogni dove; hanno un'esistenza propria ed indipendente, ma hanno insieme una tendenza marcatissima a riunirsi, come se dominati da attrazioni reciproche. Talora si radunano in gruppi di due, tre.... dieci e formano *grani* pel loro aspetto detti *di riso*. Talora si dispongono

in lunghe serie e solcono la fotosfera con fili luminosi, *filamenti lucidi.*

Caratteri precipui dei *granuli* sono lo splendore e la mobilità, e queste qualità caratteristiche essi comunicano alla fotosfera, la quale è sempre tutta agitata da moti grandiosi.

273. I *granuli,* i *grani di riso,* i *filamenti lucidi,* la *struttura reti-forme* sono i dettagli minori della fotosfera solare, gli ultimi dettagli che ancor sia possibile osservare; ma sul Sole quanto, dietro le apparenze, noi diciamo piccolo e piccolissimo, vuol essere preso in un senso speciale e relativo.

Dietro quanto più sopra, nel capitolo quarto paragrafo secondo, abbiamo detto circa la distanza e le dimensioni del Sole, facile è dedurre che i *grani di riso,* dei quali la grandezza apparente, ossia l'angolo sotto cui si vedono, oscilla fra uno e due secondi d'arco, in realtà hanno dimensioni che vanno da 720 a 1440 km.; che i *granuli*, gli ultimi elementi visibili della fotosfera, grandi apparentemente una frazione di secondo d'arco, misurano in realtà centinaia di km.

§ IV.

Fotografie della cromosfera e delle protuberanze del Sole. Spettro-eliografo.

274. Attorno alla fotosfera, come già si disse nel paragafo quinto del capitolo quarto, si svolge la *cromosfera,* colla quale sono in relazione intima le *protuberanze,* fiamme giganti che dalla *cromosfera* appunto s'innalzano a grandi altezze.

275. La *cromosfera*, che come un guscio avvolge

la fotosfera, è uno strato la cui altezza apparente varia fra soli 8 e 12 minuti secondi d'arco, che in realtà oscilla fra 5766 e 8648 km.

Le *protuberanze*, che hanno indefinita varietà di forme e che, anche apparentemente, si spingono ad altezze notevoli sulla *cromosfera*, raggiungono non di rado l'altezza reale di 43242 km., eccezionalmente altezze quattro, cinque e perfin sette volte maggiori.

276. E *cromosfera* e *protuberanze* risultano in gran parte di idrogeno ed hanno luce rossa, di un solo colore, *monocromatica*.

Per qualche tempo le si son viste soltanto durante le eclissi totali di Sole, la loro luce non essendo abbastanza intensa per vincere la luce diurna diffusa nella nostra atmosfera.

Nel 1868 si pensò che smorzando in qualche modo la luce diurna sarebbesi resa sensibile e visibile la luce della cromosfera e delle protuberanze, e si trovò che a raggiungere tale scopo bastava l'uso dello spettroscopio. Da quel giorno si poterono ogni giorno vedere ed osservare nelle specole sì la *cromosfera* che le *protuberanze* del Sole.

277. Da qualche anno fu inventato in America lo strumento detto *spettro-eliografo*. Scopo suo è di ottenere fotografie del Sole utilizzandone non tutta la luce complessa, ma utilizzando, secondo i casi, solo la luce di questo o quel colore, luce in una parola monocromatica. Con esso furono nel 1893 ottenute fotografie del Sole che riproducono non solo le macchie, le facole e i dettagli tutti della fotosfera, ma riproducono ancora la *cromosfera* e le *protuberanze*.

Sono fotografie sotto ogni aspetto preziose, ottenute in America, in Francia ricorrendo a radia-

zioni della cromosfera e delle protuberanze aventi sulla pellicola sensibile un'azione più intensa ed efficace delle ordinarie radiazioni. Si utilizza a tale scopo la luce che corrisponde alle righe *H* e *K* dello spettro della cromosfera e delle protuberanze, righe poste verso l'estremo violaceo dello spettro, poco brillanti all'occhio ma intensamente attiniche e attribuite al calcio.

Segnano queste fotografie un grande successo della Fisica solare. Le osservazioni dirette fatte allo spettroscopio sono necessariamente limitate allo stretto anello cromosferico esistente ottorno al bordo del disco solare. La più gran parte della cromosfera, quella che, vista dalla Terra, si proietta sul disco stesso del Sole, ad esse sfugge per intero.

Altrettanto non avviene al metodo fotografico di indagine ideato come si disse in Francia e in America. La luce stessa delle righe *H* e *K* che così bene si presta a fotografare la cromosfera e le protuberanze esistenti attorno al bordo del disco solare, permette di riconoscere giornalmente e con sicurezza la cromosfera che si proietta sull'intero disco solare, di riconoscere e di osservare cioè l'intero guscio cromosferico del Sole.

§ V.

Tentativi fatti per ottenere fotografie della « corona » anche a Sole non eclissato. Costituzione della « corona ». Coronio.

278. Se si osserva il Sole durante una sua eclissi, quando esso per noi è velato dal corpo opaco della Luna, un fatto caratteristico richiama, fra altri, l'attenzione.

Non appena scompare l'ultimo filo di luce solare, tutto attorno al disco intensamente oscuro della Luna appare una strana aureola luminosa, di debole splendore, bianca, argentea, qualche volta perfettamente simmetrica rispetto al contorno lunare, qualche volta molto dissimetrica. È quell'aureola che più sopra nel capitolo quarto abbiamo chiamate *corona*, e che a Sole non eclissato è invisibile solo perchè ha luce troppo debole per vincere la luce assai più intensa, diffusa dell'atmosfera della Terra.

279. La *corona* è un fenomeno d'origine interamente e unicamente solare; al disopra della *fotosfera* e della *cromosfera* essa forma un ultimo guscio attorno al Sole: sovrincombe alla *cromosfera*, e da questa distinta e separata si innalza trenta volte circa più che non essa.

La costituzione della *corona* solare è complessa; risulta in parte di gas lucenti, in ispecie di idrogeno e di un altro gas ignoto sulla Terra, *coronio;* risulta in parte ancora di materiali minutissimi, i quali splendono di luce continua così propria come riflessa, e i quali riflettono la luce della fotosfera del Sole non altrimenti che l'atmosfera della Terra.

280. Ei pare che la *corona* muti, col mutar delle macchie solari, e spettro ed aspetto, che la sua struttura sia diversa nei diversi suoi strati, che diversamente luminose sieno le diverse sue parti.

Questi ed altri particolari tuttora oscuri noi potremmo certo più presto conoscere, se riuscissimo a fotografare la *corona* di pieno giorno e a Sole non eclissato.

281. È quest'ultimo un problema difficilissimo, e molti opinano ancora che di giorno e nelle condizioni ordinarie la luce riflessa dell'atmosfera ter-

restre sia troppo intensa perchè diventi possibile ottenere della *corona* sopra una lastra fotografica sensibile una immagine, una traccia anche leggera ma sicura.

Tentativi diversi di risolvere il difficile problema furono fatti con poco successo; tentativi che dànno qualche speranza di riuscita furono ultimamente ripetuti dal sig. Deslandres di Parigi.

L'idea su cui i medesimi si fondano è la seguente; fotografare i dintorni del Sole utilizzando successivamente luci di colore diverso, nella speranza di riuscire così a scoprire una regione dello spettro nella quale la luce della *corona* superi per intensità la luce diffusa dal cielo. In alcune delle lastre fotografiche così ottenute, in quelle specialmente per le quali fu utilizzata luce ultra-violacea, forme analoghe a quella della *corona* appaiono attorno all'immagine del disco solare, ma che esse siano una rappresentazione reale della *corona* e non provengono piuttosto da difetto di strumento o di fotografia, non è ancora ben certo.

Durante la eclisse totale di Sole del 28 maggio 1900 fu in modo speciale studiata l'irradiazione termica della *corona*.

La luce azzurra diffusa del cielo, la quale ci nasconde le stelle e la *corona* del Sole, è ricca di raggi molto rifrangibili (azzurri), ed è probabilmente povera di raggi (rossi) di piccola rifrangibilità.

È verosimile che un occhio, il quale fosse sensibile soltanto ai raggi infrarossi estremi, vedrebbe le stelle in pieno giorno, e tutto porta a pensare che per riuscire a riconoscere la *corona* solare, anche a Sole non totalmente eclissato, basterebbe poterne fotografare l'immagine utilizzandone i soli raggi termici.

Importava quindi verificare se la *Corona* emette questi raggi termici in quantità notevole, ed è quanto appunto si fece in Ispagna durante la eclisse del 1900. I risultati corrisposero all'aspettazione. Il calore irradiato dalla *corona* è sensibile e suscettibile di misura. Non è quindi infondata la possibilità di ottenere per mezzo dei soli raggi termici una fotografia della *corona* anche a Sole non eclissato; la *corona* è sì lucida e calda che noi non dobbiamo disperare di poterla osservare ogni giorno, così come già facciamo per la cromosfera e per le protuberanze.

§ VI.

Fotografia delle stelle. Risultati suoi di indole generale e di importanza cosmica.

282. L'arte di fotografare le stelle fisse ha fatto in breve tempo progressi rapidissimi.

283. Nel 1851 alla lastra d'argento di Daguerre, poco sensibile all'azione della luce, fu sostituita con grande successo una lastra di vetro su cui una pellicola di collodio serve da substrato al cloruro d'argento.

Nel 1857 l'astronomo americano Bond riuscì giovandosi dell'appena descritto importante trovato fotografico e di una ordinaria lente obbiettiva di cannocchiale, a fotografare le due stelle Mizar ed Alcor dell'Orsa maggiore.

Si trattava di due stelle visibili ad occhio nudo; avevano richiesto una posa lunga ed uguale a 18 minuti; si era costretti ad ammettere che per fotografare le stelle minori molte e varie difficoltà rimanevano a superare. Si era però dimostrato che

le stelle fisse si possono fotograficamente riprodurre sopra una lastra preparata col collodio; si era dimostrato ancora che, usando di un microscopio munito di micrometro, si possono, sulle immagini fotografiche delle stelle, far misure micrometriche assai precise.

Il primo passo era fatto.

284. Nel 1865 il problema della fotografia stellare aveva già fatto il suo secondo e più importante passo.

Il fisico americano Rutherfurd era riuscito a costrurre per la fotografia una di quelle lenti chimicamente acromatiche delle quali già si parlò nel precedente paragrafo primo, e a fotografare, con un obbiettivo fotografico di centimetri 28,5 di diametro, alcune stelle di nona gradezza.

Era dimostrato che ad ottenere le immagini fotografiche delle stelle debolmente splendenti bastava o costruire obbiettivi fotografici, in altre parole lenti chimicamente acromatiche, di più grande apertura, oppure trovare lastre fotografiche più sensibili delle allora in uso.

285. Nel 1857 Bond nelle sue ricerche di fotografia stellare erasi, come risulta da quanto più sopra si disse, arrestato di fronte al difetto delle lenti da lui usate; nel 1865 Rutherfurd arrestavasi di fronte al difetto di sensibilità delle lastre sensibili a collodio, preparate, come i fotografi dicono, per via umida.

286. Dodici anni non erano ancora trascorsi e l'ostacolo incontrato da Rutherfurd era già felicemente superato.

La chimica trovava le lastre secche a gelatina-bromuro di argento, dotate di sensibilità alla luce quasi istantanea, e con questa scoperta il problema della fotografia delle stelle si potè dire pressochè compiutamente risolto.

Le lastre a collodio umide esigevano, per dare le immagini delle stelle fino alla nona grandezza, grandi strumenti, grandi obbiettivi cioè, con un piccolo campo e pose lunghe; le lastre secche, assai più sensibili alla luce, si possono combinare con lenti obbiettive fotografiche a vasto campo, richiedono pose relativamente brevi, e per la loro sensibilità possono riprodurre tutte le stelle del cielo, le più deboli non escluse.

287. Con lenti chimicamente acromatiche, con lastre sensibili secche a gelatina-bromuro di argento gli astronomi fecero sulla strada della fotografia stellare lungo e rapido cammino.

In breve volgere d'anni seppero vincere ad una ad una le difficoltà minori e di dettaglio che ancor restavano a superare; seppero nell'uno e nell'altro emisfero della Terra ottenere fotografie di tutti i più importanti cumuli stellari, e, quel che è più, fotografie precise, con immagini nette, geometriche, suscettibili delle misure più rigorose; seppero fotografare stelle piccolissime, inferiori molto per grandezza e splendore alle più piccole disegnate sulle migliori carte celesti.

288. Disegni e costruzioni diverse furono qua e là adottate per gli strumenti destinati alla fotografia delle stelle, ma il congegno che oggi più generalmente si usa è quello ideato a Parigi dai fratelli Henry.

Consiste esso di due tubi appaiati coi loro assi perfettamente paralleli e portanti alla loro estremità superiore, l'uno un obbiettivo otticamente acromatico, l'altro un obbiettivo chimicamente acromatico. I due tubi sono portati da un unico sostegno che colle sue diverse parti forma una così detta *montatura equatoriale* o *parallatica*, scopo della quale è di dare, come già si disse nel

paragrafo primo del presente capitolo, automaticamente ai due tubi uno stesso moto sincrono a quello apparente della sfera celeste.

Dei due obbiettivi, quello otticamente acromatico, largo 24 centimetri, costituisce, col rispettivo tubo e coll'oculare avvitato all'altro estremo di questo, un cannocchiale ordinario, e serve all'astronomo e come cannocchiale cercatore e come mezzo per assicurarsi direttamente che l'intero strumento continua per tutto il tempo necessario ad essere puntato con precisione verso un medesimo punto del cielo.

Dei due obbiettivi stessi, quello chimicamente acromatico è largo 34 centimetri, e col tubo rispettivo e colla lastra sensibile collocata all'estremo inferiore del tubo stesso costituisce la macchina fotografica.

289. Ad ottenere con questo strumento e sulla lastra sensibile di esso l'immagine delle piccole stelle di quindicesima grandezza è necessaria la posa di un'ora.

Ad eliminare il pericolo di confondere piccole macchie e accidenti della lastra sensibile con immagini di stelle si fanno tre pose successive di un'ora cadauna, spostando ogni volta il cannocchiale e la macchina fotografica di cinque minuti secondi d'arco.

Per tal modo ogni stella riesce ad essere sull'ammirabile fotografia celeste rappresentata tre volte, e a formare colle sue immagini un piccolo triangolo di cinque minuti secondi di lato; sotto ad un microscopio che ingrandisca dalle 20 alle 30 volte tutti i dettagli più minuti della fotografia, nonchè le immagini delle stelle risultano nel modo più sicuro, senz'ombra di ambiguità.

In una di queste fotografie poterono ad esempio

essere contate cinque mila stelle di grandezze comprese fra la sesta e la quindicesima, ed essa rappresentava una angusta plaga di cielo, di forma rettangolare, ampia, secondo l'una dimensione, quattro volte circa il diametro apparente della Luna piena, secondo l'altra dimensione meno di sei volte il diametro stesso.

289 *bis.* Malgrado lo stadio rapidamente evolutivo, nel quale la fotografia stellare ancora si trova, già poterono da essa trarsi alcuni risultati di indole generale e di importanza cosmica.

Fu osservato che il bagliore dell'atmosfera terrestre, prodotto dalla luce stessa delle stelle in una notte serena, annebbia nelle lunghe pose le lastre sensibili, e segna per conseguenza un limite alla potenza di penetrazione nello spazio della fotografia. In Inghilterra ad esempio non pare che la fotografia possa spingersi al di là delle stelle di decimottava grandezza, e pure ammettendo che in altri climi questo limite possa essere oltrepassato e diventi possibile fotografare ancora stelle di decimanona grandezza, certo è che, come per la visione diretta attraverso ai cannocchiali, così per la fotografia esiste un limite di profondità oltre il quale non si può penetrare nello spazio senza fondo che da ogni parte ci avvolge.

Fu osservato ancora che una lastra sensibile esposta in un cannocchiale rivolto al cielo durante parecchie ore mostra, quando sviluppata, un numero di immagini di stelle molto maggiore di quello che mostra se esposta per un'ora soltanto.

Se ne sarebbe potuto arguire che, ove l'esposizione fosse molto e molto prolungata, l'intera lastra sensibile dovesse finire per essere coperta di immagini stellari, indicando con ciò che noi siamo circondati per ogni dove e in ogni direzione da un numero indefinito di stelle.

Questo non è confermato dai fatti. Se due esposizioni e pose sono fatte, l'una di un'ora l'altra di dodici, e se in amendue le lastre sensibili si riscontrano il medesimo numero di immagini e i medesimi dettagli, forza è conchiudere che la più lunga esposizione a nulla giovò, perchè maggior numero di stelle e dettagli maggiori a riprodurre non esistevano.

Ebbene da un esame minuto delle grandi nebulose di Andromeda e di Orione, del gruppo delle Pleiadi, della regione della Via Latea intorno al Cigno ricchissima di stelle, risulta che la prolungata esposizione delle lastre sensibili non dà punto sulle medesime un più grande numero di immagini stellari.

È questo un fatto che ha portata maggiore di quella che a prima giunta non paia. Già i cannocchiali avevano condotto ad ammettere che la porzione di universo stellare visibile dalla Terra è limitata in estensione. Ad ugual conclusione oggi guida, malgrado la contraria aspettazione, la fotografia. I mezzi pur potenti dei quali oggi disponiamo non bastano a scandagliare lo spazio universo al di là di quella limitata regione stellare in mezzo alla quale il Sistema del Sole è collocato.

§ VII.

Carta fotografica del Cielo. Catalogo delle stelle dalla prima all'undecima grandezza.

290. I progressi della fotografia stellare segnalati nel paragrafo precedente dimostrano la possibilità di fare colla fotografia una carta di tutta la volta celeste, colle immagini di tutte le stelle oggidì visibili coi cannocchiali più potenti.

Fu calcolato che otto osservatorii opportunamente situati sui due emisferi della Terra potrebbero in meno di sei anni formare una carta completa del cielo contenente decine e decine di milioni di stelle, dalla prima alla sedicesima grandezza.

Sovra queste carte l'astronomo potrebbe continuare nel proprio gabinetto, qualunque sia il tempo e col soccorso di un semplice microscopio, le esplorazioni del cielo. Queste carte costituirebbero un'opera astronomica capitalissima, e tramanderebbero agli astronomi dell'avvenire, senza errori ed omissioni possibili, lo stato esatto in cui ora il cielo si trova. Carte e fotografie analoghe eseguite più tardi permetterebbero la soluzione di tutte quelle questioni nelle quali entrano non le posizioni assolute degli astri, ma le posizioni loro relative, le posizioni cioè che gli uni hanno rispetto agli altri.

291. Nel 1887 si radunò a Parigi un congresso internazionale di astronomi allo scopo di studiare un piano internazionale di lavori per la formazione di una carta fotografica del cielo.

292. Il congresso escluse che dovessero fotografarsi tutte le stelle visibili, e decise che il lavoro della carta fotografica del cielo si arrestasse alle stelle di decimaquarta grandezza.

Le stelle che così verranno ad essere comprese nelle progettate carte fotografiche celesti saliranno ancora a venti milioni circa, costituiranno un lavoro di gran mole ancora, ma praticamente possibile e ben lontano da quello prima vagheggiato, e che doveva estendersi fino alle stelle di decimasesta grandezza.

Ad ottenere la fotografia di queste ultime, astrazion fatta dal loro grande numero, occorre la posa di

un'ora almeno; delle stelle di quattordicesima grandezza si ottiene l'immagine fotografica con una posa di quindici minuti al più.

293. Come dei libri di una biblioteca si usa fare il catalogo che di ogni volume segna il titolo ed il posto, così gli astronomi usano fare i cataloghi delle stelle. Sono libri nei quali d'ogni stella compresa fra grandezze determinate si dà il posto che occupa in cielo, e lo si dà per mezzo di due numeri che bastano ad individuarla senza pericolo di ambiguità e che si dicono le sue coordinate astronomiche.

Ciò posto, il congresso stabilì che oltre alla progettata grande carta celeste, si applicasse la fotografia alla formazione di un catalogo di stelle.

E poichè un catalogo di 20 milioni di stelle sarebbe stato opera troppo vasta ed iper-pratica, il congresso limitò il catalogo alle stelle di undecima grandezza, delle quali in cielo ve n'è un milione e mezzo circa.

E poichè ancora le pose brevi dànno ben nette e precise le immagini delle stelle brillanti mentre le pose lunghe dànno bensì un maggior numero di stelle ma immagini non ben definite delle stelle brillanti, il congresso deliberò che le operazioni fotografiche destinate alla formazione del catalogo andassero disgiunte da quelle destinate alla formazione delle carte celesti, le prime richiedendo pose di breve durata, le seconde pose di durata assai maggiore.

294. Alla formazione per mezzo della fotografia delle progettate carte celesti e del progettato catalogo di stelle lavorano in questo momento 20 osservatorii astronomici opportunamente scelti dal congresso sull'uno e sull'altro emisfero della Terra, fra essi due osservatorii italiani, quello reale di Catania e quello vaticano di Roma.

Il lavoro è oggi di molto avanzato. Già nel 1900 furono pubblicati i primi risultati ottenuti dalle fotografie stellari eseguite; già nel 1900 fu inaugurata la pubblicazione della Carta fotografica del cielo e l'altra del Catalogo fotografico stellare quali furono escogitate dai diversi congressi all'uopo radunatisi in Parigi a partire del 1887. Altri fogli della grande carta celeste fotografica, altri volumi dell'importante Catalogo fotografico furono pubblicati dopo il 1900, e di altri non pochi si sa prossima la pubblicazione.

§ VIII.

Applicazione della fotografia alla scoperta dei piccoli pianeti.

295. I piccoli pianeti, dei quali già si parlò al capo 147 del paragrafo quinto del capitolo terzo, hanno la grandezza apparente delle stelle minori, e da queste si differenziano per il loro moto proprio. Niente di più facile che distinguere su una prova fotografica il punto che rappresenta una stella fissa dalla traccia lineare incisa da un piccolo pianeta.

296. In sullo scorcio del 1891 e nei primi mesi del 1892 si cominciò ad applicare la fotografia all'osservazione dei piccoli pianeti, sciegliendo lastre sensibili opportune, disponendole opportunamente, ottenendo sovr'esse le immagini dei piccoli pianeti e delle stelle attigue, individuando queste ultime col mezzo di Atlanti stellari, e deducendo le posizioni dei piccoli pianeti da quelle già note delle stelle vicine.

Numerosissimi furono i piccoli pianeti nuovi ed gnoti, Eros ad esempio, per tal via rintracciati

sulle lastre fotografiche, ed il metodo fotografico di ricerca dei planetoidi segnò ed iniziò, si può dire, una nuova èra fecondissima di risultati.

§ IX.

Fotografia degli spettri delle stelle.

297. Gli spettri delle stelle, della cui importanza si trattò in diversi paragrafi del capitolo quinto, sono assai difficili ad essere studiati direttamente e più difficili ancora ad essere descritti con precisione. È naturale quindi che con ogni studio siasi cercato di ottenerne per mezzo della fotografia una rappresentazione grafica, fedele, duratura e scuscettibile delle misure più scrupolose.

298. Il primo ad occuparsi con successo di fotografia stellare spettroscopica fu l'astronomo H. Draper americano.

Cominciò le sue esperienze nel 1871, modificò più volte l'apparecchio di osservazione, finchè nel 1879 riuscì a dargli una forma definitiva, servendosi di un cannocchiale munito di un obbiettivo chimicamente acromatico, di 28 centimetri di diametro e montato equatorialmente, collocando l'apparecchio destinato a produrre lo spettro stellare sul tragitto del raggio luminoso poco prima del fuoco principale dell'obbiettivo.

Con questo strumento H. Draper riuscì fra il 1879 ed il 1883 ad ottenere le fotografie degli spettri di 50 stelle fra le più brillanti; ogni stella avendo la propria lastra sensibile, e ciascuna lastra portando a lato dello spettro della stella la fotografia dello spettro della Luna, di un pianeta o del Sole, destinata a servire di scala di paragone per la identificazione e determinazione delle singole righe oscure.

299. Quasi contemporaneamente il fisico ed astronomo inglese W. Huggins, con procedimenti proprii e da quelli di Draper indipendenti, riusciva ad ottenere nella fotografia stellare spettroscopica successi segnalati.

Huggins usa nelle proprie esperienze un telescopio a riflessione di 46 centimetri di apertura, montato equatorialmente, e colloca la fessura dello spettroscopio esattamente nel fuoco del grande specchio metallico del telescopio.

Il primo successo di Huggins in questo campo della fotografia stellare spettroscopica risale al 1875, e a partire dal 1876 egli ottenne con pose di un'ora di durata, la fotografia degli spettri delle stelle principali di prima e seconda grandezza, spettri che egli paragonò con quello della Luna, con quello dei pianeti e con quello ancora della luce diffusa del cielo.

300. Dal 1882 datano le ricerche di spettroscopia stellare fotografica fatte dall'astronomo americano E. C. Pickering e che segnano il più importante passo fatto della scienza in questo indirizzo. Pickering abbandonò la strada battuta da H. Draper e da W. Huggins, e ottenne lo spettro delle stelle da fotografarsi collocando avanti all'obbiettivo fotografico di un cannocchiale montato equatorialmente un prisma grande, che copre l'intero obbiettivo e che ha un debole angolo rifrangente.

La disposizione adottata da Pickering produce un assorbimento della luce stellare piccolo, molto minore di quello che ha luogo negli apparecchi di Draper e di Huggins, e permette di estendere le esperienze a stelle di molto minor grandezza. Mentre Draper limitava le proprie ricerche alle stelle brillanti, mentre Huggins è costretto a limitarsi a stelle di gradezza superiore alla quarta,

Pickering ottiene ancora per gli spettri di stelle di settima e di ottava grandezza fotografie distintissime, e le ottiene in un tempo relativamente breve.

301. In molti osservatorii, in quello, fra gli altri, astrofisico di Potsdam si ottengono ora fotografie degli spettri delle stelle, ed è su queste fotografie che si vanno facendo quelle ricerche spettrali che tanta importanza hanno per lo studio dei moti di traslazione e dei movimenti orbitali delle stelle, per lo studio delle stelle variabili e delle stelle multiple, per lo studio delle diverse costituzioni fisiche stellari.

§ X.

Fotografie di alcune parti della Via Lattea.

302. La Via Lattea è un fenomeno ottico, e deve l'aspetto suo al gran numero di stelle disseminate nello spazio e che l'occhio proietta sulla zona del cielo da essa occupata. Anche così com'essa presentasi all'occhio nudo, è fenomeno degno di molto studio per la sua non uniforme struttura apparente, per il diverso splendore delle sue varie parti, per le ramificazioni sue, per le plaghe oscure che essa quali isole chiude qua e là all'ingiro.

303. Allo studio delle apparenze diverse presentate dalla Via Lattea nel suo lungo corso fu applicata in questi ultimi anni la fotografia, e fortunati ne furono i successi. Le fotografie della Via Lattea, ottenute ad esempio all'osservatorio Lick sul monte Hamilton in California, sono giudicate da tutti maravigliose.

304. Sovratutto notevoli sono le differenze di struttura mostrate dalle fotografie d'una stessa re-

gione, a seconda della durata di esposizione della lastra sensibile. Di due fotografie, ad esempio, di una regione della Via Lattea nella costellazione dello Scudo di Sobieski, ottenute l'una con un'esposizione di 2 ore e 45 minuti, l'altra con una di 4 ore e 30 minuti, la seconda presenta dettagli che mancano assolutamente nella prima e che considerevolmente alterano la configurazione dell'insieme.

Forse a produrre la seconda fotografia concorrono stelle che sulla prima, o per la maggiore distanza loro o per il loro minor splendore, non influiscono. Forse la struttura apparente delle diverse parti della Via Lattea varia colle profondità diverse alle quali le visuali nostre si spingono nello spazio, collo splendore delle ultime stelle alle quali l'occhio o la fotografia arrivano.

§ XI.

Fotografia delle nebule.

305. La fotografia applicata alle nebule del cielo ha permesso di ottenere intorno ad esse risultati importanti per sè medesimi e pieni di promesse per l'avvenire.

306. Già nel 1886 furono, nel gruppo delle Pleiadi, scoperte, per mezzo della fotografia, due nuove nebulose, l'uno intorno alla stella Maia, l'altra vicino ad Elettra; già allora si era riusciti ad ottenere una bellissima fotografia della nota nebulosa esistente nelle Pleiadi vicino alla stella Mérope del gruppo.

Ritornando nel 1889, con procedimenti perfezionati, con lastre sensibilissime, sulle stesse Pleiadi, si riuscì con una posa di 4 ore ad ottenerne una

fotografia meravigliosa, e che dà, intorno al grande ammasso nebuloso di materia cosmica che copre una gran parte della costellazione, molti dettagli nuovi, rappresentati con molta definizione ed evidenza di contorni.

307. Con un telescopio riflettore di soli dieci pollici, 25 centimetri circa, di apertura si ottennero fotografie di alcune nebulose, le quali, sebbene di piccole dimensioni, mostrano una grande ricchezza di dettagli.

In esse, ad esempio, la nebulosa annulare della costellazione della Lira rivela nel centro dell'anello l'esistenza di una piccola stella ordinariamente invisibile; la nebula nella costellazione dei Cani da caccia risalta in modo da lasciare di non poco dietro a sè i disegni che ne furono fatti ad occhio e coi più grandi cannocchiali.

Per mezzo di un telescopio con specchio di vetro argentato avente 51 centimetri di diametro si riuscì ad ottenere della grande nebulosa di Andromeda fotografie che ne rivelarono l'esatta costituzione, rimasta finora inintelligibile e sfuggita ai disegni fatti coi migliori strumenti.

308. Queste fotografie di nebule tanto perfette aprono in astronomia un nuovo e fecondo campo di indagini.

Sono sovratutto la variazioni di forma delle nebulose quelle che dànno alla loro riproduzione fotografica la più grande importanza. Esse attraggono da un secolo oramai l'attenzione degli astronomi, e non poterono finora essere messe in evidenza incontrastabile dai disegni fatti a mano, l'occhio al cannocchiale. In esse potrebbe trovarsi la chiave di non pochi arcani cosmici.

309. In questo campo delle nebule la fotografia riceve importanza ancora dal fatto che essa già

riesci a rintracciarne nel cielo non poche di nuove ed ignorate.

Or ora accennammo alle due nubulose scoperte per mezzo della fotografia nella costellazione delle Pleiadi, e fotografando la splendida plaga celeste occupata dalla costellazione di Orione, la più bella del nostro cielo, si trovarono incise sulle lastre sensibili le immagini di ben dodici nuove nebulose.

310. Le numerose fotografie di nebulose e di cumuli stellari già eseguite dimostrano che mentre vi sono stelle le quali appaiono frammiste a nebule unicamente per effetto di prospettiva, altre però ne esistono le quali sono realmente avvolte da nebulosità.

Nessun bubbio che queste ultime sono fisicamente collegate alla massa nebulare che da ogni parte dissimetricamente le avvolge, e questo fatto ulteriomente osservato e meditato condurrà a scoperte importanti sull'evoluzionismo dei sistemi stellari. Già la nebulosa osservata intorno alla *Nova Persei* del 1901 ha molto contribuito allo svolgersi delle idee nostre sulla costituzione e sulla vita fisica degli astri in generale.

FINE.